



Facultad de Ingeniería y Computación

Escuela Profesional de Ingeniería Industrial

**“Metodología Basada en la Simulación de
Sistemas Dirigida al Sector Microempresarial de
Ensamble de Prendas para la Planificación y
Programación de Órdenes de Producción”**

Presentado

por:

Luis Alfredo Aragón Guia

Para Optar por el Título Profesional de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Orientador: Raquel Esperanza Patiño Escarcina

Arequipa, marzo de 2018

DEDICATORIA

La presente tesis de investigación se la dedico a mi madre y al bebe.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres y a mi fiel compañero bebe.

RESUMEN

La presente investigación es un estudio dirigido a microempresas dedicadas al ensamble de prendas de vestir.

El estudio ha identificado de un grupo de 9 microempresas dedicadas al ensamble de prendas (polos) que existe un problema común el cual es la imprecisión cuando se desea planificar y programar una orden de producción en general. Este problema es causado principalmente por el uso de métodos y algoritmos de planificación y programación obsoletos y limitados los cuales no toman en cuenta el estado actual de variables clave como tiempo real que invierte una operaria en realizar alguna operación asignada, cambios en la distribución física de los recursos o en la asignación de operaciones por trabajador. El principal efecto que está generando este problema en la línea de producción es el incumplimiento en la fecha de entrega del pedido lo cual acarrea el pago de penalidades por demora y pagos adicionales por horas extras.

De acuerdo al problema identificado la investigación proponer la elaboración de una metodología basada en el uso de la simulación de sistemas para la planificación y programación de las órdenes de producción de manera confiable y precisa dirigida a microempresas dedicadas al ensamble de prendas en la ciudad de Arequipa.

Al finalizar se logró demostrar que con la aplicación de la metodología desarrollada basada en el uso de la simulación se logra ejecutar un proyecto de simulación para planificar y programar una orden de producción de forma confiable y precisa; y de esta manera poder evitar el pago de penalidades por incumplimiento en la fecha de entrega del pedido y pagos adicionales por horas extras.

Palabras Clave: Simulación, planificación, modelamiento, metodología

ABSTRACT

The present investigation is a study directed to microcompanies dedicated to the ensemble of garments.

The study has identified of a group of 9 microcompanies dedicated to the ensemble of pledges (poles) that a common problem exists which one is the vagueness when it is desirable to plan and to programme a production order in general. This problem is caused principally by the use of methods and obsolete and limited algorithms of planning and programming which do not take into consideration the current state of key variables as real time that a worker invests in realizing some assigned operation, changes in the physical distribution of the resources or in the allocation of operations for worker. The main effect that is generating this problem in the production line is the nonperformance in the delivery date of the order which transports the hardships payment for delay and additional payments per overtime.

In accordance with the identified problem the investigation to propose the making of a methodology based on the use of the system simulation for the planning and programming of the orders of production of a reliable and precise way directed to microcompanies dedicated to the ensemble of pledges in the city of Arequipa.

On having finished, one managed to demonstrate that with the application of the developed methodology based on the use of the simulation one manages to execute a simulation project to plan and to programme an order of production of reliable and precise form; and this way to be able to avoid the hardships payment for nonperformance in the delivery date of the order and additional payments per overtime.

Keywords: Simulation, planning, modeling, methodology

INTRODUCCIÓN

La presente investigación aborda el tema de la posibilidad de conducir experimentos utilizando la simulación de sistemas por parte de MYPES pertenecientes a la Industria Textil dedicadas al ensamble de prendas con el fin de optimizar la planificación y programación de órdenes de producción. La simulación de sistemas se puede definir como una técnica numérica que se utiliza para ejecutar experimentos por medio de un ordenador. La característica más resaltante de esta técnica es que principalmente es aplicada por la gran empresa debido a que este tipo de empresas logran el más alto retorno sobre la inversión realizada principalmente en Know How, personal calificado, hardware y software; todos estos elementos son básicos para poder ejecutar estudios basados en la simulación de sistemas.

Por otro lado está el sector de MYPES pertenecientes a la Industria Textil dedicadas al ensamble de prendas; este sector debido al desconocimiento de los grandes beneficios que esta técnica ha generado en las grandes empresas, al direccionamiento de la técnica de simulación en Know How y software a la gran empresa y a la inversión económica que se requiere no ha tenido la posibilidad de utilizarla en sus procesos productivos con el fin de aprovechar las ventajas que ofrece como por ejemplo en análisis y reducción del tiempo de ciclo, análisis de cuellos de botella, mejoramiento de la calidad, reducción de costos, mejoramiento de la productividad, balance de líneas, tamaño óptimo de lote, planeamiento de la producción, programación de los recursos, entre otros .

La investigación de esta problemática entre la técnica de simulación y las MYPES se realizó por el interés académico de profundizar en la indagación de una metodología que permita que la técnica simulación pueda ser accesible al sector de MYPES tomando en cuenta factores económicos, de software y de Know How.

La investigación tiene por objetivo desarrollar una metodología basada en el uso de la simulación de sistemas para la planificación y programación de órdenes de producción de manera confiable y precisa dirigida a microempresas dedicadas al ensamble de prendas en la ciudad de Arequipa

En el marco del método de investigación aplicado, se inició con un modelo conceptual que logre esquematizar el problema de investigación identificado; y como mediante el desarrollo de la metodología propuesta basada en la simulación de sistemas dirigida específicamente al sector de MYPES se logra que este sector tenga acceso a la técnica tomando en cuenta factores económicos, de Software y Know How. La metodología propuesta se compone de una serie de pasos los cuales requieren diversas técnicas y/o instrumentos de investigación como análisis documental, entrevistas personales, estudio del trabajo (Estudio de métodos y medida del trabajo) y de software de simulación.

Este trabajo de investigación presenta los siguientes capítulos:

En el capítulo I se presenta el problema, objetivos, justificación y delimitación de la investigación.

En el capítulo II se aborda el aspecto teórico conceptual que ha sido diseñado basado en el objeto de estudio de la investigación y se presenta las hipótesis o proposiciones planteadas por la investigación.

En el capítulo III se aborda los aspectos relacionados al método de investigación en el cual se disgregan temas como modelo conceptual, descripción del objeto de estudio, de la unidad de análisis, del tipo de investigación, método, instrumentos, recolección y análisis de datos.

En el capítulo IV se ofrece el análisis de resultados.

En el capítulo V se presenta las conclusiones y recomendaciones de esta tesis.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema de investigación	1
1.1.1. Diagnóstico preliminar:.....	1
1.1.2 Descripción del problema:.....	3
1.2. Objetivos de la investigación.....	6
1.2.1. Objetivo general	6
1.2.2. Objetivos específicos	6
1.3. Justificación de la investigación	7
1.3.1. Conveniencia.....	7
1.3.2. Relevancia social	7
1.3.3. Valor teórico	7
1.3.4. Utilidad metodológica	8
1.3.5. Implicancias prácticas	8
1.4. Delimitación de la investigación	9
1.4.1. Espacial	9
1.4.2. Temporal.....	9
1.4.3. Temática	9
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	10
2.1 Marco conceptual	10
2.2 Marco teórico.....	12
2.2.1 Simulación de sistemas con ordenador.....	12
2.2.1.1 Sistemas y modelos	12
2.2.1.2. Simulación de sistemas y modelización.....	16
2.2.1.3. La simulación: ventajas, desventajas y áreas de aplicación	19
2.2.1.4. Distribuciones de probabilidad.....	22
2.2.1.5 Elementos de un modelo de simulación.....	23
2.2.1.6. Metodología basada en el uso de la simulación de sistemas.....	25
2.2.1.7. Paquete de simulación SimQuick	29

2.2.1.7.1. SimQuick	29
2.2.1.7.2. Bloques básicos de construcción en SimQuick	30
2.2.1.7.3. Ventajas y limitaciones de SimQuick	31
2.2.2. Etapas del proceso productivo textil	34
2.2.2.1 Descripción del proceso productivo para la confección de prendas.....	37
2.2.2.2. Sistema de producción para ensamble.....	38
2.2.2.3 Descripción del proceso de una línea típica de ensamble.....	40
2.3 Hipótesis o proposiciones de la investigación.....	42
CAPITULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	44
3.1 Modelo conceptual	44
3.2 Descripción del objeto de estudio	45
3.3. Descripción de la unidad de análisis.....	49
3.3.1 Diagnóstico situacional	49
3.3.2 Mapeo de procesos	53
3.4 Descripción del tipo de investigación	57
3.5 Método de investigación.....	58
3.6. Instrumentos de investigación.....	58
3.6.1 Descripción de las técnicas y/o instrumentos	58
3.6.2 Requerimientos en equipo, personal y Software	63
3.7. Recolección de datos	64
3.7.1 Paso # 1: Definición del problema	64
3.7.2 Paso # 2: Obtener información/datos y construir el modelo conceptual	65
3.7.2.1 Identificar las relaciones causa–efecto.....	65
3.7.2.2 Identificar los requerimientos de los datos.....	66
3.7.2.3 Determinar el periodo de recolección de información y cantidad de datos a recolectar.....	66
3.7.2.4 Levantar información usando fuente de datos apropiadas.....	71
3.7.3 Paso # 3: ¿Es válido el modelo conceptual?	71
3.7.4 Paso # 4: Modelo programado	73
3.7.4.1 Determinar las propiedades del modelo	73
3.7.4.2 Identificar los elementos de simulación de eventos discretos.....	73
3.7.4.2.1 Entidades:	73

3.7.4.2.2 Recursos:	74
3.7.4.2.3 Colas:	77
3.7.4.2.4 Variables:	81
3.7.4.3 Determinar los supuestos:	81
3.7.4.4. Traducir el modelo conceptual a un lenguaje de simulación	83
3.7.4.4.1 Ajustar los datos muestrales a distribuciones de probabilidad teóricas	84
poblacionales	84
3.8. Análisis de datos	85
3.8.1 Paso # 5: ¿Es válido el modelo programado?	85
3.8.1.1 Determinar el número de réplicas preliminares:	88
3.8.1.2. Comparar el modelo real y el modelo de simulación mediante pruebas de hipótesis	92
3.8.2 Paso # 6: Realización de experimentos y análisis de resultados	98
3.8.2.1 Número de prendas confeccionadas por turno de trabajo	98
3.8.2.2 Utilización	102
3.8.2.3 Inventario promedio por cada cola	102
3.8.2.4 Tiempo promedio de permanencia por cola	103
3.8.2.5. Experimentación de escenarios con el modelo de simulación	103
3.8.2.5.1. Establecer las consideraciones:	103
3.8.2.5.2. Establecer la propuesta de escenario	107
3.8.2.5.3. Establecer las consideraciones de simulación:	107
3.8.2.5.4. Representar el modelo conceptual y modelo programado	108
3.8.2.5.5 Determinar los resultados – Escenario 1	108
3.8.2.5.5.1. Número de prendas confeccionadas por turno de trabajo	109
3.8.2.5.5.2. Utilización	112
3.8.2.5.5.3. Inventario promedio por cada cola	112
3.8.2.5.5.4. Tiempo promedio de permanencia por cola	112
3.8.3 Paso # 7: Documentar e informar resultados	115
3.8.3.1 Comparación de escenarios: Actual - Escenario 1	115
3.8.3.1.1 Número de prendas totalmente confeccionadas	115
3.8.3.1.2 Tiempo promedio de permanencia por cola	117
3.8.3.1.3 Inventario promedio por cola	118

3.9. Resumen de la operacionalización de las variables del modelo conceptual	119
3.10. Plan muestral	120
3.11 Limitaciones de la investigación.....	121
CAPITULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	121
4.1 Análisis económico.....	125
4.1.1 Análisis económico de la unidad de análisis.....	125
4.1.2 Análisis costo – beneficio de la propuesta	131
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	132
5.1 CONCLUSIONES:.....	132
5.2. RECOMENDACIONES:	134
REFERENCIAS:	135
ANEXOS.....	137

Índice de Tablas

Tabla 1: Composición del costo anual adicional generado por cada microempresa	3
Tabla 2: Composición por mes del número de trabajadores por microempresa	4
Tabla 3: Variación por mes del número de trabajadores por microempresa	4
Tabla 4: Ventajas de SimQuick	32
Tabla 5: Limitaciones de SimQuick	32
Tabla 6: Variables de la investigación	43
Tabla 7: Descripción de la unidad de análisis – microempresa # 8	53
Tabla 8: Descripción de los equipos, personal y software necesarios para la investigación	57
Tabla 9: Identificación de factores tomados y no tomados en cuenta para el estudio de simulación	61
Tabla 10: Actividades realizadas para la recolección de información	64
Tabla 11: Número de muestras por operación – tabla resumen	66
Tabla 12: Tiempo promedio total por operaria	73
Tabla 13: Distribución de probabilidades por operación	79
Tabla 14: Distribución de probabilidades por operación utilizadas	80
Tabla 15: Número de prendas totales promedio acumulado por turno de trabajo	84
Tabla 16: Número de réplicas	83
Tabla 17: Cálculo de la media y desviación estándar	86
Tabla 18: Número real de prendas confeccionadas el 2do turno de trabajo	85
Tabla 19: Número real de prendas confeccionadas durante 26.1 horas	87
Tabla 20: Comparación de medias – tabla resumen	90
Tabla 21: Prendas confeccionadas por turno de trabajo	89
Tabla 22: Utilización de los recursos	91
Tabla 23: Inventario promedio por cola	93
Tabla 24: Tiempo promedio de permanencia por cola	93

Tabla 25: Prendas confeccionadas por turno de trabajo-Escenario 1	95
Tabla 26: Utilización de los recursos- Escenario 1	98
Tabla 27: Inventario promedio por cola – Escenario 1	98
Tabla 28: Tiempo promedio de permanencia por cola- Escenario 1	97
Tabla 29: Comparación de prendas confeccionadas: Actual - Escenario 1	99
Tabla 30: Comparación tiempo promedio de permanencia por cola: Actual - Escenario 1	100
Tabla 31: Comparación inventario promedio por cola: Actual - Escenario 1	101
Tabla 32: Operacionalización de las variables del modelo	102
Tabla 33: Planificación y programación utilizando simulación	105
Tabla 34: Planificación y programación con el aumento de una operaria	107
Tabla 35: Comparación entre el método actual y la metodología propuesta por la investigación	110
Tabla 36: Resumen costo total generado por penalidades debido al incumplimiento de la fecha de entrega	110
Tabla 37: Prendas en cola que aún faltan terminar de ensamblar	111
Tabla 38: Prendas ensambladas en horas extras	112
Tabla 39: Resumen costo total generado por horas extras	113
Tabla 40: Resumen del ingreso final y costos totales	113

Índice de Figuras

Figura 1: Costo anual adicional generado por penalidades por demora + pago de horas extras + reposiciones por prendas dañadas	2
Figura 2: Comportamiento de una variable discreta y una variable continua	11
Figura 3: Variables de estado de un sistema discreto	14
Figura 4: Variables de estado de un sistema continuo	14
Figura 5: Maneras para estudiar un sistema	15
Figura 6: Elementos básicos y relaciones de modelización y simulación	17
Figura 7: Simulación determinística	18
Figura 8: simulación estocástica	19
Figura 9: Un sistema de procesamiento sencillo por eventos discretos	24
Figura 10: Etapas del método de simulación por ordenador	26
Figura 11: Panel de control de SimQuick	31
Figura 12: Flujo de la cadena productiva del sector textil	35
Figura 13: Proceso de confección de prendas de vestir a nivel macro	36
Figura 14: Sistema de confección de prendas por proceso	38
Figura 15: Sistema lineal de confección de prendas	39
Figura 16: Sistema modular de confección de prendas	39
Figura 17: T-SHIRT básico	40
Figura 18: Diagrama de operaciones de un T-SHIRT básico	41
Figura 19: Modelo conceptual de la investigación	45
Figura 20: Variación en el número de operarios del año 2016	48
Figura 21: Fórmula para calcular el número de prendas a producir por turno	48
Figura 22: Fórmula para calcular la eficacia	50
Figura 23: Costos adicionales de la microempresa año 2016	51
Figura 24: Mapa de proceso de la microempresa	52
Figura 25: Instrumentos de investigación	55

Figura 26: Fórmula para calcular el tamaño de muestra población infinita	60
Figura 27: Máquina de costura recta	68
Figura 28: Máquina remalladora	69
Figura 29: Máquina recubridora	69
Figura 30: Tijera	70
Figura 31: Piquetera	70
Figura 32: Colas del sistemas de confección de prendas	72
Figura 33: Balance de línea actual por operaria	71
Figura 34: Factor de precisión	81
Figura 35: Fórmula para el cálculo del error preliminar	82
Figura 36: Fórmula para el cálculo del número de réplicas preliminares	82
Figura 37: Fórmula para criterio de rechazo de h_0	88
Figura 38: Fórmula para el cálculo de los grados de libertad	88
Figura 39: Modelo conceptual para el escenario 1	96

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

El capítulo 1 presenta el problema, objetivos, justificación y delimitación de la presente investigación.

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Diagnóstico preliminar:

La presente investigación ha seleccionado a 9 microempresas ubicadas en la ciudad de Arequipa mediante un muestreo no probabilístico del tipo intencional las cuales se dedican al ensamble de polos en sus diversas variantes como polos cuello camisa, polos con cuello tipo V o cuello redondo entre otro tipo de prendas. Todas estas microempresas trabajan como talleres terceros de grandes empresas como Franky & Ricky, MFH Knits, Art Altas entre otras.

Mediante la ejecución de una entrevista semi estructurada aplicada a los dueños y/o supervisores de producción de estas 9 microempresas sobre la manera como se realiza actualmente la planificación y programación de órdenes de producción, así como a la observación y revisión de información se ha podido evidenciar lo siguiente:

Las 9 microempresas no realizan una planificación y programación tomando en cuenta la forma como se ha distribuido el personal en la línea y/o el tiempo real que le toma a un trabajador realizar una o más operaciones; más bien la forma como desarrollan su planificación y programación es mediante la experiencia del dueño o supervisor de producción y un cálculo teórico el cual no permite reflejar la situación productiva real de la línea debido a la complejidad y cantidad de variables que una línea de producción posee. Debido a esta situación durante el año 2016 estas 9 microempresas han tenido inconvenientes en cumplir con la fecha planificada de entrega de los pedidos. En promedio el tiempo de demora ha sido entre 1 a 3 días dependiendo del tamaño y complejidad de la orden de producción. Debido al retraso las microempresas deben pagar una penalidad por incumplimiento de fecha de entrega la cual depende de la empresa que contrató

el servicio. Esta penalidad es por día de retraso y oscila entre el 5 % a 7 % del pago que recibiría la microempresa por el trabajo realizado.

Estos constantes retrasos en la entrega de los pedidos han generado que estas 9 microempresas tomen horas extras para poder cumplir con la fecha de entrega o tener el menor retraso posible. Además debido al constante apuro por entregar el pedido a tiempo, algunas prendas resultan dañadas por lo cual la microempresa debe pagar una reposición por las prendas dañadas en el proceso de ensamble.

Durante el año 2016 el costo adicional generado por penalidades, pago de horas extras y reposiciones por prendas dañadas asciende en promedio a S/. 32,619 por microempresa. En la Figura 1 se muestra el costo total anual adicional generado por cada microempresa y en la Tabla 1 el detalle por tipo de costo adicional incurrido:

Figura 1: Costo anual adicional generado por penalidades por demora + pago de horas extras + reposiciones por prendas dañadas

Fuente: Área administrativa microempresa 1 – 9

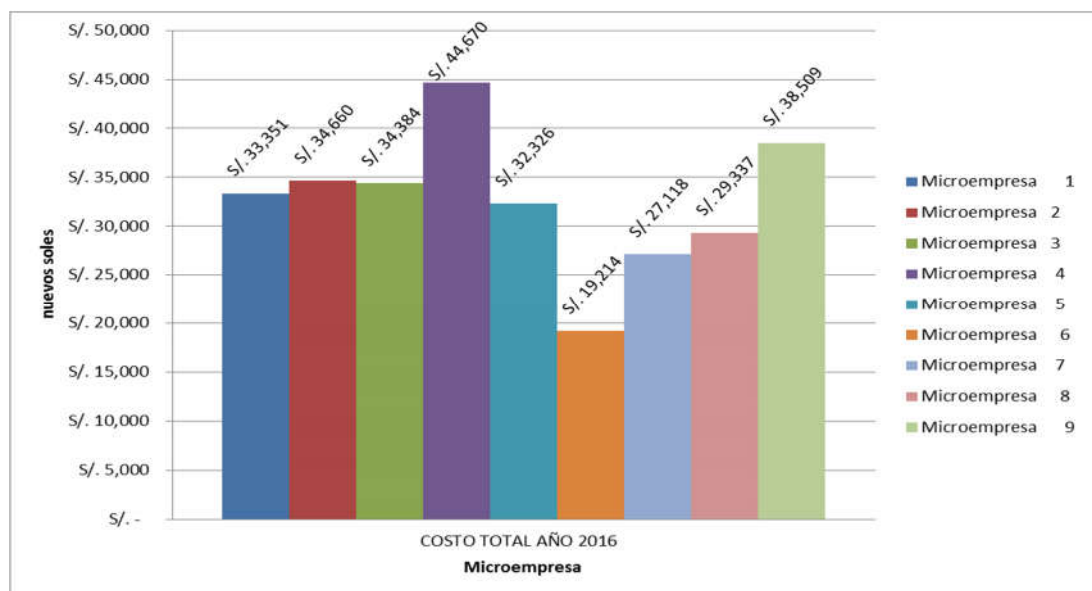


Tabla 1: Composición del costo anual adicional generado por cada microempresa Fuente: Área administrativa microempresa 1 - 9

Composición costos adicionales año 2016								
# De micro-empresa	Penalizaciones Por Demora (Soles)	%	Pago De Horas Extras (Soles)	%	Reposiciones Por Prendas Dañadas (Soles)	%	Costo Total Por Incumplimiento De Pedidos	%
1	S/. 8,905	27%	S/. 23,012	69%	S/. 1,434	4%	S/. 33,351	100%
2	S/. 13,205	38%	S/. 20,796	60%	S/. 659	2%	S/. 34,660	100%
3	S/. 9,971	29%	S/. 24,069	70%	S/. 344	1%	S/. 34,384	100%
4	S/. 16,751	38%	S/. 25,909	58%	S/. 2,010	5%	S/. 44,670	100%
5	S/. 7,758	24%	S/. 23,275	72%	S/. 1,293	4%	S/. 32,326	100%
6	S/. 6,917	36%	S/. 11,144	58%	S/. 1,153	6%	S/. 19,214	100%
7	S/. 10,576	39%	S/. 16,271	60%	S/. 271	1%	S/. 27,118	100%
8	S/. 8,361	29%	S/. 20,536	70%	S/. 440	2%	S/. 29,337	100%
9	S/. 12,323	32%	S/. 25,031	65%	S/. 1,155	3%	S/. 38,509	100%

El incumplimiento en la fecha de entrega junto a todos los problemas productivos y costos adicionales se genera por la imprecisión en la información necesaria para planificar y programar cualquier orden de producción.

Preguntas de investigación:

¿Cómo se podría lograr precisión y confiabilidad al momento de planificar y programar cualquier orden de producción por parte de estas microempresas?

1.1.2 Descripción del problema:

La limitada e imprecisa manera como se planifica y programa las órdenes de producción actualmente es causada principalmente por el uso de métodos o herramientas limitadas y poco confiables como la experiencia propia del dueño o supervisor de producción y el uso de fórmulas matemáticas. Estas 2 maneras de planificación y programación quedan limitadas debido a que actualmente existe una constante variación del número de operarios del cual se compone una línea, que en promedio aproximadamente es de ± 1 trabajador por mes.

Esta variación promedio mensual es significativa debido a que en promedio una línea de producción se compone de un mínimo de 8 a un máximo de 20 operarios. En la Tabla 2 se muestra en detalle la composición por número de operarios

mensual por cada microempresa y en la Tabla 3 se muestra cómo ha sido el comportamiento mes a mes por cada microempresa de la variación en el número de trabajadores:

Tabla 2: Composición por mes del número de trabajadores por microempresa Fuente: Área administrativa microempresa 1-9

# De Microempres a	Número De Operarios Por Mes											Promedio Mensual De Operarios Por Microempres a
	Ener o	Febrer o	Marz o	Abri l	May o	Juni o	Juli o	Agost o	Septiembr e	Octubr e	Noviembr e	
1	22	22	23	23	20	21	20	20	20	18	16	20
2	16	16	16	17	19	19	20	20	20	18	17	18
3	14	14	13	13	12	12	15	13	11	9	10	12
4	15	14	14	13	12	14	15	15	14	14	14	14
5	14	15	13	19	15	15	14	13	14	10	11	14
6	9	8	9	8	8	7	7	8	8	9	9	8
7	19	18	17	15	14	14	16	14	14	14	14	15
8	17	19	17	15	19	19	17	16	16	15	14	17
9	13	14	14	13	16	15	16	16	16	14	14	15

Tabla 3: Variación por mes del número de trabajadores por microempresa Fuente: Área administrativa microempresa 1-9

Variacion de personal por mes	Enero a Febrero	Febrero a Marzo	Marzo a Abril	Abril a Mayo	Mayo a Junio	Junio a Julio	Julio a Agosto	Agosto a Septiembre	Septiembre a Octubre	Octubre a Noviembre
Microempresa # 1	0	1	0	-3	1	-1	0	0	-2	-2
Microempresa # 2	0	0	1	2	0	1	0	0	-2	-1
Microempresa # 3	0	-1	0	-1	0	3	-2	-2	-2	1
Microempresa # 4	-1	0	-1	-1	2	1	0	-1	0	0
Microempresa # 5	1	-2	6	-4	0	-1	-1	1	-4	1
Microempresa # 6	-1	1	-1	0	-1	0	1	0	1	0
Microempresa # 7	-1	-1	-2	-1	0	2	-2	0	0	0
Microempresa # 8	2	-2	-2	4	0	-2	-1	0	-1	-1
Microempresa # 9	1	0	-1	3	-1	1	0	0	-2	0

Esta constante variación en el número de operarios añade incertidumbre sobre el desempeño que tendrá la línea como por ejemplo en capacidad de producción, lo cual a la larga ocasiona que toda la planificación y programación sea muy imprecisa debido a que las 2 maneras como actualmente se planifica y programa la producción no logran contemplar el impacto de esta variación. Operativamente el impacto que ocasiona es que el dueño o supervisor de línea tenga que redistribuir las funciones o tareas asignadas a cada operario basado en su propia experiencia y experimentando de manera directa en la línea lo cual genera incertidumbre sobre el nuevo desempeño productivo.

Cuando ingresa o sale uno o más trabajadores el comportamiento de la línea se hace impredecible debido a que no es posible determinar de forma precisa o aproximada como este cambio afectara el desempeño productivo ya que las herramientas que se utilizan para la planificación y programación no toman en cuenta esta variable.

El efecto que genera esta imprecisa planificación y programación de la producción es retrasos en la fecha de entrega del pedido, pagos adicionales por horas extras, mala imagen hacia a los clientes, desorden en la línea de producción y cambios imprevistos en la distribución del personal.

La investigación plantea introducir una nueva manera de como las microempresas puedan realizar una planificación y programación de sus órdenes de producción de manera más precisa y objetiva mediante el desarrollo de una metodología basada en la simulación de sistemas por ordenador. La simulación por ordenador es una técnica que permite el análisis de sistemas basados en la contrucción de un modelo tipicamente implementado en un ordenador que describe el comportamiento del sistema y que permite generar observaciones dadas ciertas entradas. Con el uso de la simulación es posible predecir eventos actuales cuando el sistema productivo está siendo modificado, de esta manera la metodología basada en el uso de la simulación por ordenador permitirá

predecir el comportamiento real del proceso de confección de polos tomando en cuenta por ejemplo como se ha distribuido el personal en la línea y el tiempo real que le toma a cada trabajador realizar una o más operaciones. Por lo tanto el problema de investigación se resume en:

Deficiente y limitada manera de planificación y programación de órdenes de producción en microempresas dedicadas al ensamble de polos.

¿Es posible desarrollar una metodología basada en el uso de la simulación de sistemas para la planificación y programación de órdenes de producción de manera confiable y precisa dirigida a microempresas dedicadas al ensamble de prendas en la ciudad de Arequipa?

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo general

Desarrollar una metodología basada en el uso de la simulación de sistemas para la planificación y programación de órdenes de producción de manera confiable y precisa dirigida a microempresas dedicadas al ensamble de prendas en la ciudad de Arequipa

1.2.2. Objetivos específicos

- Levantar información necesaria acerca del sector micro empresarial textil dedicado al ensamble de polos en relación a la planificación y programación de las órdenes de producción.
- Obtener información acerca de la simulación de sistemas y metodologías ya propuestas.
- Diseñar los pasos de la metodología tomando en cuenta el sector a donde va dirigida.
- Realizar un mapeo de procesos de la microempresa elegida para desarrollar la investigación.

- Probar la metodología diseñada mediante la planificación y programación de una orden de producción de manera confiable y precisa en una microempresa dedicada al ensamble de polos.
- Realizar un análisis económico de la unidad de análisis y de la propuesta.

1.3. Justificación de la investigación

1.3.1. Conveniencia

Es de conveniencia realizar la investigación porque al lograr una mayor confiabilidad en la planificación y programación de las ordenes de producción se reduzcan o eliminen los retrasos en la fecha de entrega del pedido, pagos adicionales por horas extras, mala imagen hacia a los clientes, desorden en la línea de producción y cambios imprevistos en la distribución del personal.

1.3.2. Relevancia social

El estudio a realizar tiene un alcance social importante debido a que permitirá que no solo las microempresas dedicadas a la confección de polos tengan acceso a una metodología basada en el uso de la simulación de sistemas por ordenador sino que nuevos emprendedores de diversas actividades manufactureras similares vean los beneficios que se obtienen al poner en practica la metodología propuesta y de esta manera la puedan llevar a la práctica en sus propias actividades.

1.3.3. Valor teórico

El tópico de investigación tiene precedentes anteriores acerca de aplicar la técnica de simulación en la industria del vestido pero no dirigidas al sector de microempresas; por ejemplo el trabajo de investigación de los autores Mücella G. Güner y Can Ünal titulado “balances de línea en la industria del vestido usando técnicas de simulación” En resumen la investigación demuestra la aplicación de la simulación por ordenador para el diseño de un proceso de manufactura para la producción de polos en un ambiente de realidad virtual.

En el sector de microempresas la aplicación de la simulación es nula debido a barreras económicas, de diseño y técnicas y por lo tanto no existen precedentes

que sirvan como base teórica .La aplicación de la simulación se orienta a empresas de gran tamaño debido a que estas cuentan con los recursos necesarios para poder llevar a cabo el estudio y obtener beneficios económicos del mismo.

La investigación plantea abrir la posibilidad para que microempresas dedicadas al ensamble de polos específicamente puedan tener acceso a esta técnica, esta investigación permite iniciar y dar pie a proyectos de mayor envergadura relacionados a la aplicación de simulación por microempresas de diversos sectores manufactureros.

1.3.4. Utilidad metodológica

La investigación presenta utilidad metodológica debido a que se ha desarrollado una metodología basada en el uso de la simulación de sistemas para la planificación y programación de órdenes de producción dirigida al sector micro empresarial textil dedicado al ensamble de polos. Una vez demostrada su validez y confiabilidad; la metodología podrá ser utilizada por cualquier microempresa dedicada al ensamble, en otros trabajos de investigación o en diferentes actividades manufactureras similares.

1.3.5. Implicancias prácticas

La investigación demuestra que realizar una planificación y programación de la producción de cualquier proceso productivo utilizando la metodología propuesta ayudara a reducir o eliminar los retrasos en fechas de entrega, pagos adicionales por horas extras, mala imagen hacia a los clientes, desorden en la línea de producción, cambios imprevistos en la distribución del personal y dejar de lado la experimentación directa con el sistema.

La investigación permitirá que diversas empresas manufactureras logren analizar sus procesos de forma más real tomando en cuenta diversas variables significativas del proceso las cuales no logran ser tomadas en cuenta por los algoritmos tradicionales; de esta manera tener información más valiosa para la correcta toma de decisiones.

1.4. Delimitación de la investigación

1.4.1. Espacial

La investigación ha seleccionado a nueve microempresas dedicadas al ensamble de polos que trabajan bajo un sistema de producción lineal y se ubican en el parque industrial de la ciudad de Arequipa.

1.4.2. Temporal

El periodo de estudio que abarca el proyecto de investigación será de 3 meses aproximadamente.

1.4.3. Temática

La investigación abarca los siguientes temas:

Simulación de sistemas discretos (información secundaria)

El proceso para la confección de prendas de vestir, enfocándose la investigación en el proceso de ensamble de polos y en la manera actual como las microempresas realizan la planificación y programación de sus órdenes de producción (información primaria)

Variable independiente:

Metodología basada en el uso de la simulación de sistemas

Variable dependiente:

La planificación y programación de órdenes de producción de manera confiable y precisa

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

Objeto de estudio de la investigación:

“El desarrollo de una metodología basada en el uso de la simulación de sistemas para la planificación y programación de órdenes de producción dirigida a microempresas dedicadas al ensamble de prendas en la ciudad de Arequipa”

2.1 Marco conceptual

El marco conceptual se enfocará en presentar de forma clara y concisa diversos conceptos relacionados al objeto de estudio de la investigación.

SIMULACIÓN POR ORDENADOR.-Es la representación de un proceso o fenómeno en particular con el fin de estimar su desempeño mediante el uso de un ordenador.

VARIABLE.-Es una característica o cualidad de un sistema ,la cual puede modificarse y tomar diversos valores ,los cuales pueden ser medidos y observados.

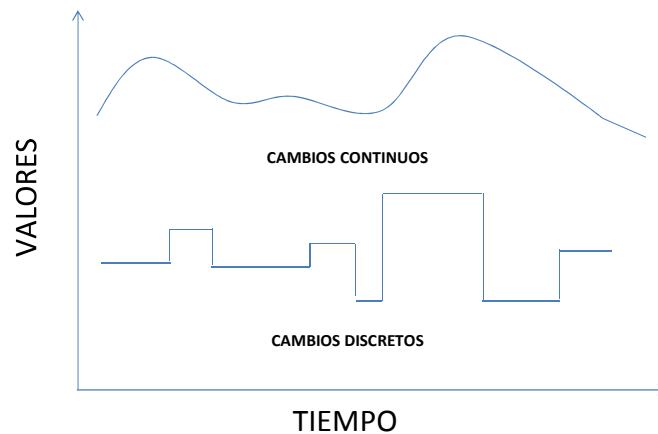
VARIABLE DE ESTADO.-Es aquel tipo variable que mide o controla el estado de un sistema

VARIABLE DISCRETA.-Es aquella que cambia de valor con la ocurrencia de un evento en el sistema ,mientras no ocurra un evento su valor se mantiene constante.(Torres, 2010).

VARIABLE CONTINUA.-Es aquella que cambia de valor con el simple avance del tiempo ;por ello su valor se rige por una ecuación en función del tiempo.(Torres, 2010).

La Figura 2 muestra que con el paso del tiempo la forma y valores de una variable discreta y continua cambia:

Figura 2: Comportamiento de una variable discreta y una variable continua Fuente: Torres Vega, 2010, (pág. 30)



EXPERIMENTACIÓN DIRECTA.-Cuando se investiga o estudia un fenómeno en particular directamente en el sistema.

MODELIZACIÓN.-Es el proceso por el cual se genera un modelo de un sistema o fenómeno en particular.

MODELIZACIÓN CUANTITATIVA.-Es el proceso de generar un modelo del sistema o fenómeno utilizando símbolos o ecuaciones matemáticas.

MODELO DE SIMULACIÓN.-Desde el punto de vista de la simulación por ordenador, un modelo de simulación es la representación simplificada de un sistema implementado en un ordenador mediante el uso de lenguajes de simulación o paquetes de simulación.

DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD.-Es la representación de todo el conjunto de valores que pueden representarse por medio del resultado de un experimento si este se hubiese realizado.

PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.-Consiste en definir planes de trabajo relacionados al volumen a producir y el momento de la fabricación.

PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.-Consiste en determinar cuando se inicia y termina una orden de producción ,que operaciones se van a realizar ,que tipo de máquinas y que cantidad de operarios

ORDEN DE PRODUCCIÓN.-Es un documento que ayuda a planificar un proceso de produccion a nivel de ejecucion.

MÉTODO.- conjunto de pasos para alcanzar un objetivo o resultado específico.

METODOLOGÍA.- Es el estudio que analiza y sistematiza la selección y aplicación de los métodos o técnicas para lograr alcanzar un objetivo o resultado.

2.2 Marco teórico

El marco teórico se enfocará en presentar de forma clara y concisa los temas relacionados al objeto de estudio de la investigación.

A continuación se iniciará exponiendo el tema relacionado a la simulación por ordenador.

2.2.1 Simulación de sistemas con ordenador

Antes de tratar el tema de la simulación de sistemas por ordenador, se iniciará conociendo los términos sistema y modelo, los cuales son muy importantes dentro de la simulación de sistemas.

2.2.1.1 Sistemas y modelos

El término sistema se lo puede conceptualizar como un grupo de objetos que se unen para interaccionar entre ellos y lograr de esta manera alcanzar cierto objetivo. (Banks, Carson II, Nelson, & Nicol, 2010).

A nuestro alrededor existen un sin número de sistemas como por ejemplo un sistema productivo para la construcción de automóviles; las máquinas, repuestos y trabajadores operan juntos a lo largo de una línea de ensamblaje para producir un vehículo, el cual sería el objetivo de este sistema

A nuestro alrededor hay un sinnúmero de sistemas, estos se han podido clasificar y definir según Ríos et al (2009) como sistemas cerrados los cuales no se relaciona con el medio que lo rodea ,sistemas abiertos los cuales reciben del medio entradas que lo influyen , sistemas naturales que se pueden ejemplificar como una colonia de abejas y sistemas artificiales se ejemplifica con un automóvil.

Además de la clasificación anterior sobre los tipos de sistemas que son objeto de interés, para la simulación según Banks et al (2010) los sistemas pueden ser clasificados como discretos y continuos.

Un sistema discreto es donde alguna variable (s) de estado cambian solo en un conjunto discreto de puntos en el tiempo.Por ejemplo el banco es un sistema discreto donde la variable de estado como el número de clientes en el banco cambia solo cuando un cliente llega o cuando el servicio dado a un cliente es completado.(Banks et al, 2010).La Figura 3 muestra como el número de clientes cambia solo en puntos discretos en el tiempo.

Un sistema continuo es donde alguna variable(s) de estado cambia constantemente durante el tiempo .Por ejemplo se tiene la caída de agua detrás de una presa;el nivel de agua de la presa cambia constantemente en el tiempo durante de una tormenta de lluvia , cuando el agua fluye dentro del lago detrás de la presa o si se extrae de la presa por control de flujo para genera electricidad. (Banks et al, 2010).La Figura 4 muestra como el estado de la variable denominada columna de agua detrás de la presa cambia a causa de este sistema continuo.

Figura 3: Variables de estado de un sistema discreto

Fuente: Banks, Carson II, Nelson, & Nicol, 2005, (pág. 14)

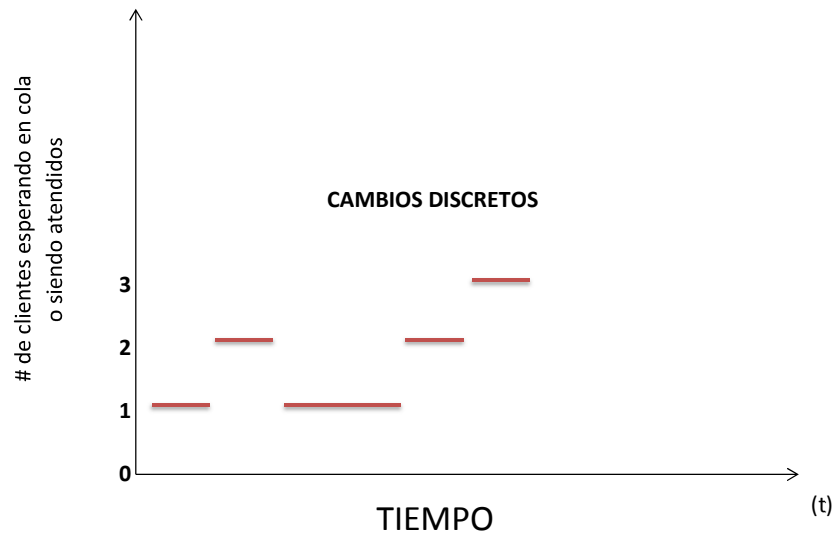


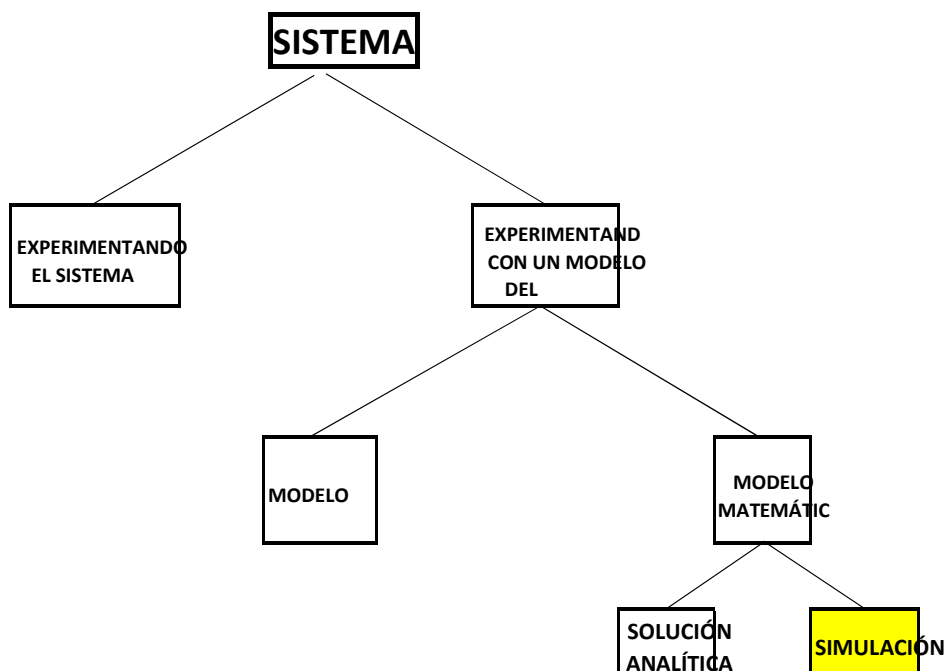
Figura 4: Variables de estado de un sistema continuo
Fuente: Banks, Carson II, Nelson, & Nicol, 2010, (pág. 14)



A causa de los diversos sistemas que hay en el mundo existen muchas maneras para poder estudiarlos y analizarlos. Por ejemplo el autor Law,(2000) planteó 2 maneras, mediante la experimentación directa con el sistema actual o experimentando con un modelo del sistema. Si se eligiera estudiar el sistema

mediante la creación de un modelo, este sistema podría ser representado por un modelo físico o un modelo matemático. El modelo matemático a su vez presenta 2 caminos los cuales son analizar el sistema por medio de una solución analítica o por medio de la simulación. La Figura 5 muestra de forma esquemática las formas de estudiar un sistema:

Figura 5: Maneras de estudiar un sistema Fuente: Law, 2000, (pág. 4)



Debido a que es de vital importancia a la hora de estudiar un sistema la creación de un modelo, el autor Torres (2010) afirma que desde el punto de vista de un sistema un modelo es la representación simplificada de un sistema

Según una clasificación expuesta por Ríos et al (2009) esencialmente hay tres clases de modelos; modelos físicos los cuales son representaciones de sistemas físicos del mundo real y están representados por variables medibles como por ejemplo un sistema mecánico que tiene variables como fuerza, velocidad y presión, modelos mentales los cuales son modelos intuitivos que solo existen en nuestras mentes, son imprecisos, difusos y difíciles de comunicar; por ejemplo la habilidad

para realizar una operación aritmética o el proceso de decisión en un situación no muy compleja y finalmente modelos simbólicos los cuales incluyen operaciones lógicas o matemáticas que pueden utilizarse para formular la solución de un problema ;este tipo de modelo se puede subdividir a la vez en :

- ✓ Modelos matemáticos o cuantitativos los cuales utilizan simbolos y ecuaciones matemáticas para poder representar un sistema ; es aquí donde los modelos de simulación pertenecen. (Banks et al, 2010,p. 15).
- ✓ Modelos no matemáticos los cuales pueden ser lingüísticos (descripción verbal) ,gráficos (dibujos) y esquemáticos (por ejemplo diagramas de flujo).

2.2.1.2. Simulación de sistemas y modelización

Para entender estos 2 términos simulación y modelización , el autor Ríos et al (2009) afirmó que estos 2 terminos se refieren exclusivamente al conjunto de actividades relacionadas con la construcción de modelos de sistemas del mundo real y posterior simulación en un ordenador

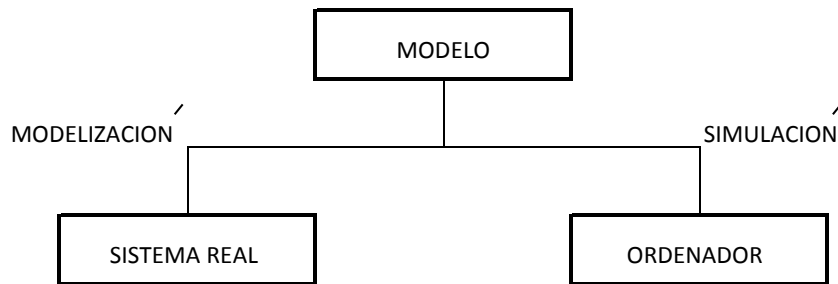
Por lo tanto los elementos como sistema , modelo y ordenador no se encuentran aislados entre si;por el contrario se logran conectar a través de las relaciones de modelización y simulación. (Ríos et al, 2009).

La modelización relaciona los sistemas reales con los modelos y estudia la validez de los mismos es decir la forma en que un modelo representa un sistema real ; asi mismo la simulación relaciona modelos y ordenadores; ademas de describir el proceso de imitación de aspectos fundamentales del comportamiento del sistema. (Ríos et al, 2009)

La Figura 6 muestra gráficamente como se relacionan

Figura 6: Elementos básicos y relaciones de modelización y simulación

Fuente: Ríos Insúa, Ríos Insúa, Martín Jiménez, & Jiménez Martín, 2009, (pág.96)



Debido a los diversos inconvenientes como riesgo ,coste ,elevado consumo de tiempo o simplemente la imposibilidad de llevarlo a cabo ;métodos como la experimentación directa , la construcción de un prototipo a escala resultan descartados ;por lo tanto el estudio de sistemas reales a traves de la modelización cuantitativa para el análisis ,diseño ,entendimiento ,operación ,predicción y control de los sistemas sin necesidad de su construcción efectiva y operación real se convierte en la mejor alternativa a la hora de buscar una solución a un problema.

Al elegir a la modelización cuantitativa como herramienta de solución se podría presentar un gran inconveniente ya que algunos modelos cuantitativos que no son facilmente tratables con los métodos analíticos o numéricos tradicionales ,forman una subclase de modelos denominados de simulación .(Ríos et al, 2009)

Los modelos de simulación se pueden clasificar según Law (2000) en tres diferentes dimensiones :

- Modelos de simulación estáticos y dinámicos
- Modelos de simulación determinísticos y estocásticos □ Modelos de simulación continuos y discretos

□ Un modelo de simulación estático según Law,(2000) “es una representación de un sistema en un tiempo particular o uno

que puede ser utilizado para representar un sistema en el cual el tiempo no juega un rol significativo” (p. 5) .

- Un modelo de simulación dinámico según Law (2000) “es una representación de un sistema mientras este evoluciona en el tiempo , por ejemplo un sistema de fajas en una fábrica” (p. 5) .
- Un modelo de simulación determinístico para Banks et al (2010) es aquel que no contiene variables aleatorias. En los modelos determinísticos se tiene un grupo conocido de entradas ,que resultarian en un único grupo de salidas.Por ejemplo si a la oficina de un dentista todos los pacientes llegaran en el tiempo programado de su cita entonces se tendria información conocida sobre la llegada lo cual resultaria en información conocida sobre la salida.

En la Figura 7 se muestra un gráfico representativo de la simulación determinística :

Figura 7: Simulación determinística Fuente: Torres Vega, 2010, (pág. 28)



- Un modelo de simulación estocástico para Banks et al (2010) tiene una o mas variables aleatorias designadas como entradas aleatorias las cuales dirigen salidas aleatorias .Por ejemplo la simulación de un banco usualmente involucra tiempos entre arriros de clientes aleatorios y tiempos de servicio aleatorios ,asi en una simulación estocástica las medidas de salida como el número promedio de personas

esperando y el tiempo de espera promedio de un cliente deberían ser consideradas como estimados estadísticos de las características verdaderas del sistema (p. 15).

En la Figura 8 se muestra un gráfico representativo de la simulación estocástica :

Figura 8: Simulación estocástica Fuente: Torres Vega, 2010, (pág. 28)



- Un modelo de simulación continuo según Ríos et al (2009) estudia sistemas cuyo estado cambia de forma continua en el tiempo.
- Un modelo de simulación discreto. según Ríos et al (2009) estudia sistemas cuyo comportamiento solo cambia en instantes determinados .Un ejemplo típico ocurre en las líneas de espera , donde estamos interesados en la estimación de medidas como el tiempo medio de espera o la longitud de la cola ;tales medidas solo cambian cuando un cliente entra o sale del sistema , el resto del tiempo no ocurre nada en el sistema.(p. 107).

2.2.1.3. La simulación: ventajas, desventajas y áreas de aplicación

A continuación se presenta una serie de ventajas cuando se elige la técnica de simulación para la resolución de un problema específico expuesto por Banks et al (2010) :

- Nuevas políticas, procedimientos operativos, reglas de decisión, flujos de información, procedimientos organizativos, etc. pueden ser exploradas sin interrumpir las operaciones en curso del sistema real.

- Nuevos diseños de hardware, diseños físicos, sistemas de transporte, y otros se puede probar sin comprometer recursos para su adquisición.
- Las hipótesis acerca de cómo o por qué ciertos fenómenos ocurren puede ser probadas para su viabilidad.
- El tiempo puede ser comprimido o ampliado lo que permite aumentar o reducir la velocidad de los fenómenos investigados.
- Se puede realizar el análisis de cuellos de botella para descubrir donde el trabajo en proceso, informaciones, materiales, etc. se retrasan excesivamente.
- Un estudio de simulación puede ayudar en la comprensión de cómo opera el sistema en lugar de como las personas piensan que el sistema funciona.
- Preguntas como “¿qué pasa si?” pueden ser respondidas. Esto es particularmente usado en el diseño de nuevos sistemas (p. 5).

A continuación se presentara una serie de desventajas presentadas por Banks et al (2010) cuando se elige la técnica de simulación para la resolución de un problema específico, adicional a esto se expone ciertas acciones para poder superar estas desventajas:

- La construcción del modelo requiere capacitación especial. Es un arte que se aprende con el tiempo y a través de la experiencia. Además, si dos modelos son contruidos por diferentes personas, pueden tener similitudes, pero es muy poco probable que sean los mismos.
- Los resultados de la simulación pueden ser difíciles de interpretar la mayoría de las salidas de simulación son esencialmente variables aleatorias (que generalmente se basan en entradas aleatorias), por lo que puede ser difícil

distinguir si una observación es un resultado de las interrelaciones del sistema o del desorden aleatorio.

- El modelado y análisis de la simulación puede ser un proceso largo y costoso. Escatimar en recursos para el modelado y análisis podría resultar en un modelo de simulación o análisis que no es suficiente para la tarea (p. 6).

Respaldo la técnica de simulación; estas tres desventajas según Banks et al (2010) pueden ser compensadas de la siguiente manera:

- Los proveedores de paquetes de simulación han estado activamente desarrollando paquetes que contienen modelos que sólo necesitan datos de entrada para su funcionamiento. Esos modelos tienen la etiqueta genérica de "simulación" o "plantilla."
- Muchos proveedores de software de simulación han desarrollado capacidades de análisis de salida dentro de sus paquetes para realizar un análisis más profundo.
- La simulación puede realizarse de manera más rápida que ayer y mañana será aún más rápida, debido a los avances en hardware que permita la rápida ejecución de escenarios y debido a los avances en muchos paquetes de simulación. Por ejemplo, algunos paquetes de simulación contienen construcciones para la manipulación de elementos que utilizan para transportar como carretillas elevadoras, transportadores y vehículos guiados o automatizados (p. 6).

La aplicación de la simulación en la industria es extensa; Torres (2010) afirmó que las principales aplicaciones son :

- ✓ Análisis y reducción del tiempo de ciclo
- ✓ Secuenciación de las tareas

- ✓ Análisis de cuellos de botella
- ✓ Mejoramiento de la calidad
- ✓ Reducción de costos
- ✓ Reducción de inventarios
- ✓ Mejoramiento de la productividad
- ✓ Disposición de planta
- ✓ Simulación de sistemas MRP
- ✓ Balance de líneas
- ✓ Tamaño óptimo de lote
- ✓ Planeamiento de la producción
- ✓ Programación de los recursos
- ✓ Programas de mantenimiento
- ✓ Diseño de controles de sistemas (p.24)

De acuerdo a la clasificación de los tipos de simulación y a las características del sistema y los objetivos de estudio de la investigación; el tipo de simulación para la investigación es dinámica, probabilística y por eventos discretos.

2.2.1.4. Distribuciones de probabilidad

Según Torres (2010), una de las características mas importantes de la simulación es la capacidad de imitar el comportamiento aleatorio que existen en los sistemas estocásticos o probabilísticos .Para simular este comportamiento aleatorio se requiere de un método que provea la generación de estos números aleatorios ,asi como de rutinas para generar variaciones aleatorias , basadas en distribuciones de probabilidad .

La información de un sistema tiene carácter dinámico y estocástico ,la variabilidad de este debe modelarse con ciertas ecuaciones matemáticas que sean capaces de reproducir su comportamiento ; en la mayoría de los casos dicha variabilidad es posible clasificarla dentro de alguna distribución de probabilidad , en algunos casos esto no es posible .La representación en el modelo de una variable aleatoria se da por medio de una distribución de probabilidad .(Torres 2010, p. 213)

Según Torres (2010) las distribuciones de probabilidad teóricas se clasifican en :

- Distribuciones discretas.- Las cuales se utilizan para modelar la aleatoriedad de una variable que solo puede tomar valores enteros .Las distribuciones mas utilizadas en esta categoria son :
 - ✓ Poisson
 - ✓ Binomial
 - ✓ Bernoulli
 - ✓ Uniforme discreta
 - ✓ Geométrica

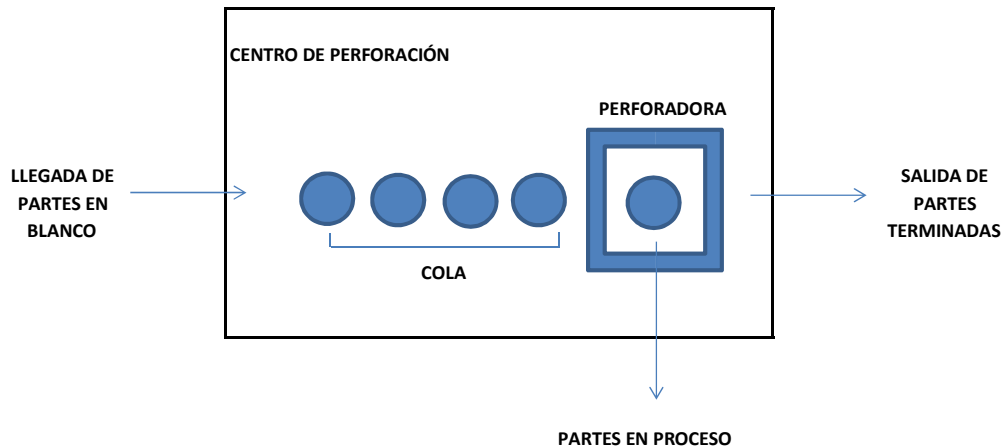
- Distribuciones continuas.- Las cuales se utilizan para modelar la aleatoriedad en aquellos eventos en los cuales los valores que toman las variables pertenecen al rango de los números reales .Las distribuciones mas utilizadas en esta categoria son :
 - ✓ Uniforme
 - ✓ Exponencial
 - ✓ Weibull
 - ✓ Triangular
 - ✓ Normal
 - ✓ Lognormal

2.2.1.5 Elementos de un modelo de simulación

Para poder presentar los elementos que forman parte de un modelo de simulación; se utiliza la Figura 9 la cual representa un sistema de procesamiento sencillo de piezas el cual nos servirá para poder determinar las partes de un modelo de simulación de eventos discretos:

Figura 9: Un sistema de procesamiento sencillo por eventos discretos

Fuente: Kelton, Sadowski, & Sturrock, 2008, (pág. 15)



- a) Entidades.- Las entidades son objetos dinámicos en la simulación que por lo general son creados, se mueven alrededor durante un tiempo y después son desechados conforme se van. Las entidades de la Figura 9 son las partes a procesar, se crean cuando llegan, se mueven a través de la cola si es necesario, se les da servicio con la perforadora y se las desecha conforme se van. (Kelton et al, 2008, p. 20).
- b) Atributos.- Un atributo es una característica común de todas las entidades, pero con un valor específico que puede diferir entre las entidades. Por ejemplo en la Figura 9 las entidades de partes podrían tener atributos llamados FECHA, LÍMITE, PRIORIDAD Y COLOR. (Kelton et al, 2008, p. 21).
- c) Recursos.- Un recurso puede representar un grupo de varios servidores individuales, cada uno de los cuales se denomina una unidad de ese recurso. Con frecuencia las entidades compiten entre ellas por el servicio de los recursos que representan cosas como personal, equipo o espacio en el área de almacenaje de tamaño limitado. En la Figura 9 solo hay una perforadora, así que el recurso tiene una sola unidad disponible todo el tiempo. (Kelton et al, 2008, p. 22).
- d) Colas.- Cuando una entidad no puede seguir adelante, quizá porque necesita aprovechar una unidad de un recurso que está inmovilizado por otra entidad, se requiere un lugar para esperar, que es la cola. (Kelton et al 2008, p. 22).

e) Eventos.- Un evento es algo que sucede en un instante de tiempo (simulado) que puede cambiar atributos ,variables o acumuladores estadísticos.En el ejemplo de la Figura 9 existen tres tipos de eventos:

- Llegada ,una nueva parte entra en el sistema
- Salida , Una parte termina su servicio en la perforadora y deja el sistema
- Fin, la simulación por ejemplo se detiene a los 20 minutos de tiempo. (Kelton et al, 2008)

f) Variables.- Una variable es información que refleja alguna característica de su sistema, sin importar cuantos o que tipos de entidades haya alrededor .El modelo de simulación puede tener muchas variables diferentes pero cada una es única .Al contrario que los atributos, las variables no están unidas a ninguna entidad específica, sino más bien pertenecen al sistema en su conjunto. (Kelton et al 2008, p. 21).

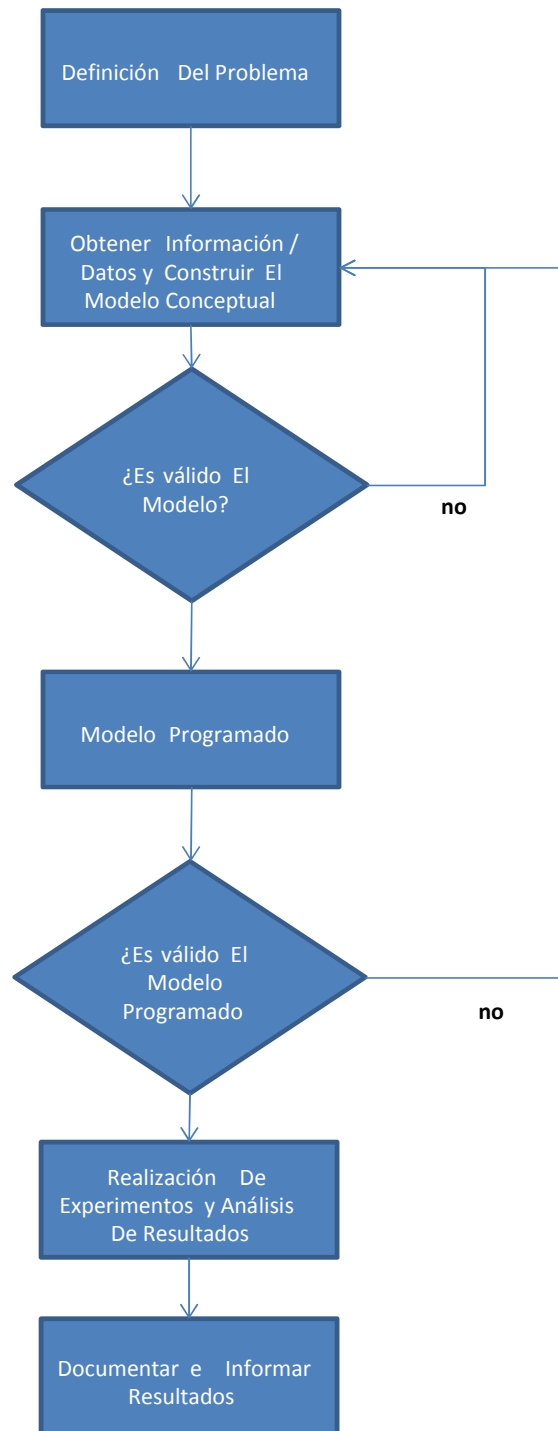
g) Reloj de la simulación.- El valor actual del tiempo en la simulación se mantiene en una variable llamada RELOJ DE SIMULACIÓN, a diferencia del tiempo real, el reloj de la simulación no se encarga de todos los valores ni fluye de manera continua, más bien va del tiempo de un evento al tiempo del siguiente evento programado. (Kelton et al 2008, p. 24).

2.2.1.6. Metodología basada en el uso de la simulación de sistemas

La metodología propuesta por la investigación plantea la utilización de un método el cual contiene una serie de pasos o etapas para la ejecución de un proyecto de simulación. La Figura 10 muestra esquemáticamente las etapas del método de simulación por ordenador que será aplicado en la investigación.

Figura 10: Etapas del método de simulación por ordenador

Fuente: Ríos Santi, 2015, (pág. 16)



La Metodología desarrollada plantea utilizar un método y diversas herramientas; y va dirigida al sector micro empresarial dedicado al ensamble de prendas de vestir.

I. Definición del problema.- Una forma de conocer el problema es saber mas sobre el sistema que se esta investigando ; por ejemplo su utilización ,tiempo de ciclo ,tiempo de espera ,entre otros . Ademas es importante conocer sus restricciones o cuellos de botella .(Torres, 2010).

II. Modelo de conceptualización.-Es una representación lógica de las operaciones del sistema. (Torres, 2010)

Para Urquía et al, (2013) una buena práctica a la hora de la formulación conceptual del modelo consiste en realizar el modelo de manera iterativa ,es decir , comenzar con un modelo muy simple cuya complejidad pueda posteriormente ir aumentando facilmente . Para ello el modelo debe realizarse de manera modular y jerárquica , dividiendo el sistema en submodelos y modelando todos ellos con un nivel semejante de complejidad . Este modelo inicial puede construirse muy rápido y puede servir como punto de discusión sobre posteriores refinamientos en el modelado , entendiéndose por refinamiento del modelo al aumento en su nivel de detalle

.

III. Recopilación de datos.- Según Torres (2010) una vez que en la etapa de diseño del modelo conceptual se han identificado los requerimientos de los datos , se procede a su obtención para que sean utilizados durante la etapa de contrucción del modelo de simulación .Una inapropiada especificación en el modelo nos conducira a una pérdida irreversible de tiempo y esfuerzo , por ello los datos deben ser obtenidos en forma sistemática ,clasificados y analizados estadísticamente .Los datos que conciernen al sistema son los involucrados con su estructura , con los componentes individuales existentes , las interacciones entre los componentes y las operaciones del sistema .La fuente para la obtención de datos puede provenir de la ejecución de un estudio de tiempos ,de entrevistas personales con los operadores del sistema , o de otras fuentes .Una vez obtenidos los datos estos deben pasar por ciertas pruebas estadísticas para ver si se ajustan a alguna distribución de

probabilidad .Si luego de realizar las pruebas a los datos obtenidos se alcanza un ajuste significativo ,entonces es posible representar en el modelo estos datos por medio de una distribución de probabilidad teórica (p. 34) .

IV. Modelo programado .-El modelador debe decidir entre programar el modelo en un lenguaje de simulación o usar un paquete de propósito especial.

V. ¿validado?.- La validación usualmente es alcanzada a través de la calibración del modelo ; un proceso constante de comparar el modelo en contra del comportamiento del sistema actual y usando las discrepancias entre ambos para ganar mayor entendimiento y mejorar el modelo .Este proceso es repetido hasta que la precisión del modelo se juzge como aceptable. (Banks et al 2010, p. 19) .

VI. Diseño experimental.- Para cada diseño del sistema que es simulado , las decisiones necesitan ser hechas en relación a la longitud del periodo de inicialización , la longitud de las corridas de simulación y el número de réplicas que deben hacerse para cada corrida. (Banks et al 2010, p. 19).

VII. Corridas de producción y análisis.- Las corridas de producción y su posterior análisis son usadas para estimar medidas de desempeño para el sistema diseñado que esta siendo simulado. (Banks et al 2010 ,p. 19) .

VIII. Documentación y presentación de reportes.- En esta etapa se hacen las recomendaciones para mejorar el sistema real sobre la base de los resultados del modelo de simulación. Estas recomendaciones deben ser alcanzadas mediante un informe o reporte final , en el cual se adjunta la data utilizada , el desarrollo del modelo y los experimentos ejecutados .Los resultados deben ser presentados de forma que sean fáciles de evaluar .Cuando se ha terminado la presentación y no hay mas aspectos que analizar, y si es aprobada, entonces esta lista para la implementación lo cual si la simulación

ha sido adecuadamente documentada, esta proveerá buenas especificaciones funcionales para el equipo de implementación.

(Torres 2010 ,p. 39).

2.2.1.7. Paquete de simulación SimQuick

El método de simulación por ordenador diseñado por la investigación necesita generar un modelo de simulación a partir del uso de un lenguaje de simulación o un paquete de propósito especial .La metodología basada en el uso de la simulación de sistemas decidió utilizar un paquete de propósito especial llamado “SimQuick”.

A continuación se presenta información sobre lo que es SimQuick, como trabaja y sus ventajas y limitaciones de uso.

2.2.1.7.1. SimQuick

Hoy en día la aplicación Excel distribuida por Microsoft Office es la herramienta más común y utilizada a nivel mundial, gracias a su gran versatilidad y a las diversas herramientas que posee se ha logrado crear SimQuick.

SimQuick es un paquete de simulación orientado a procesos desarrollado en Excel que permite a los usuarios desarrollar simulaciones de procesos dentro del ambiente de hojas de cálculo de Excel (Hartvigsen, 2001)

SimQuick permite al usuario modelar procesos simples como:

- Líneas de espera (ejemplos un banco, carriles de pago de una tienda de abarrotes, centros de llamadas, un restaurante de comida rápida, un banco con demanda cambiante)
- Líneas de espera con puntos de decisión (ejemplo sistema de seguridad de un aeropuerto, un departamento de vehículos)
- Líneas de espera con prioridades y recursos

- Inventario en la cadena de suministros (ejemplos inventario de una tienda de abarrotes)
- Manufactura (procesos de flujo lineal, procesos de ensamble y desmontaje, calidad y fiabilidad en los procesos)
- Gerencia de proyectos (ejemplo un proyecto de desarrollo de un software, proyecto de ensamble de una casa)

Actualmente SimQuick está en su tercera versión (copyright 2016) desde su primera distribución en el 2001. SimQuick ha sido usado por un gran número de compañías y por al menos 40 Institutos y Universidades, típicamente como un complemento a una gerencia de operaciones, modelado en hojas de cálculo o curso de métodos cuantitativos y cursos de ciencia de decisiones.

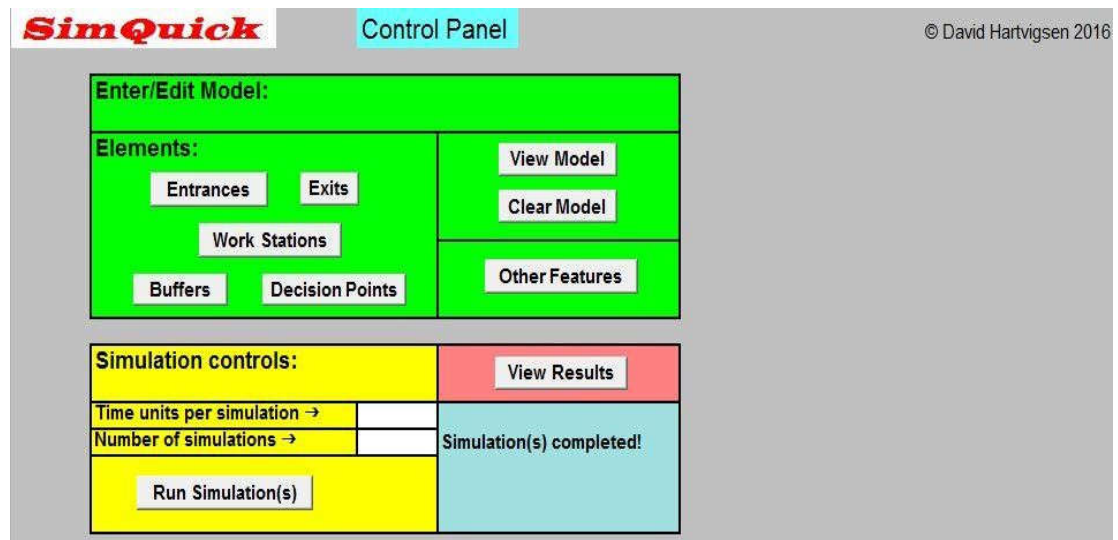
2.2.1.7.2. Bloques básicos de construcción en SimQuick

SimQuick posee 3 principales bloques de construcción los cuales son objetos, elementos y distribuciones estadísticas. Todos estos elementos son mostrados en un solo panel de control en el cual cada botón transfiere control a una hoja de cálculo específica para cada elemento; la cual contiene las tablas de SimQuick a través de las cuales un usuario especifica la simulación. La Figura 11 muestra el panel de control de SimQuick el cual muestra los elementos de simulación, además de otras características adicionales.

Una característica clave de un paquete de simulación es la manera de elegir números aleatoriamente utilizando distribuciones estadísticas ;en el caso de SimQuick trabaja con la distribución normal ,uniforme , exponencial y discreta.

Figura 11: Panel de control de SimQuick

Fuente: SimQuick-v3.0 (Paquete de Simulación)



2.2.1.7.3. Ventajas y limitaciones de SimQuick

Las ventajas que el paquete de simulación SimQuick posee si lo comparamos con un paquete de simulación de alto nivel serían las que se presentan en la Tabla 4.

Las limitaciones que se generan respecto al paquete de simulación SimQuick en comparación con un paquete de simulación de alto nivel serían las que se presentan en la Tabla 5.

Las características de uso por parte de SimQuick en procesos de manufactura (procesos de flujo lineal, procesos de ensamble y desmontaje, calidad y fiabilidad en los procesos) junto a las ventajas y limitaciones que presenta en comparación a paquetes de simulación de alto nivel; SimQuick se presenta como una buena opción para iniciar procesos de simulación por parte de las microempresas dedicadas al ensamble de polos de forma económica, facilidad técnica en su uso y accesible tecnológicamente.

Tabla 4: Ventajas de SimQuick

Fuente: Hartvigsen, 2004 Law, 2000

VENTAJAS

Paquete de simulación "SimQuick"	Software de Alto Nivel
El precio de venta del paquete de simulación es nulo ,se puede descargar gratis de la página http://simquick.net/the-software	El precio de la licencia para cualquier paquete de simulación de alto nivel es muy costoso.
Trabaja en la plataforma más común a nivel mundial como es Excel, por lo tanto puede trabajar en cualquier ordenador fácilmente.	Para su funcionamiento necesita un sistema operativo con diversos requerimientos
No necesita un entrenamiento especial para su uso, ya que al trabajar en el entorno de Excel su aprendizaje es sencillo.	El paquete de simulación de alto nivel para su correcto uso para modelar sistemas, se necesita un entrenamiento especial, el cual es muy costoso.

Tabla 5: Limitaciones de SimQuick

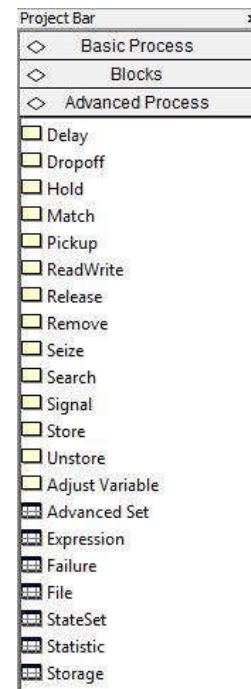
Fuente: Hartvigsen, 2004 Law, 2000

LIMITACIONES	
Paquete de simulación "SimQuick"	Software de Alto Nivel
Los sistemas a modelar deben ser procesos simples debido a las herramientas de modelado y al nivel de procesamiento de datos que ofrece el Excel.	Los sistemas a modelar no tienen límite en tamaño debido a que el paquete de simulación de alto nivel posee un procesamiento de datos elevado.

La cantidad de módulos para el modelado es limitada , teniendo solo 5 módulos los cuales son:



La cantidad de módulos es bastante variada y extensa , dependiendo del tipo de software de alto nivel , a continuación se muestra los módulos básicos y avanzados del software de alto nivel como Arena :



El paquete de simulación trabaja solo con cuatro distribuciones estadísticas para poder representar el comportamiento del sistema a modelar.

Los software de alto nivel trabajan con una gran cantidad de distribuciones que ayudan a representar los diversos comportamientos del sistema a modelar .Por ejemplo el software de alto nivel Arena trabaja con 13 distribuciones diferentes.

El paquete de simulación solo permite trabajar con un tipo único de entidad en el sistema, es decir no se puede realizar una diferenciación de entidades ni adicionar ningún atributo a alguna entidad.	El software de alto nivel permite trabajar con varios tipos de entidades en el sistema, además se puede realizar una diferenciación de entidades ya que permiten adicionar atributos.
Debido a la limitación del paquete de simulación en el procesamiento de datos, los sistemas a modelar no deberían ser modelados con tanto detalle.	Los sistemas a modelar en el software de alto nivel pueden ser modelados con mucho detalle debido al alto nivel de procesamiento de datos.

2.2.2. Etapas del proceso productivo textil

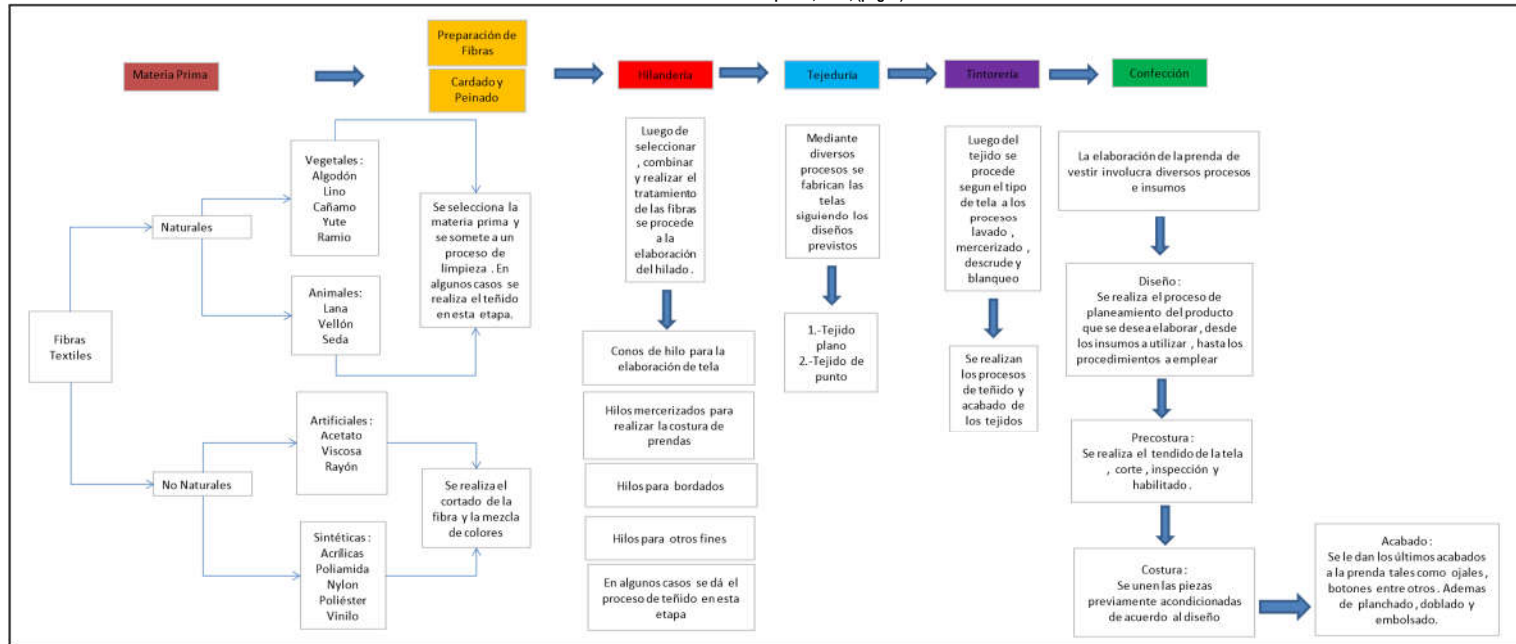
Las etapas del proceso productivo textil según Perez et al,(2010) se dividen en :

1. Recolección de materias primas , las cuales pueden ser :
 - Algodón
 - Pelo de alpaca
 - Fibras sintéticas importadas de la industria petroquímica ▪

Entre otras
2. Preparación de fibras
3. Proceso de Hilatura
4. Proceso de Tejido
5. Proceso de teñido
6. Confección de prendas de vestir

A continuación la Figura 12 muestra y explica cada etapa en la cadena de valor del proceso productivo textil el cual ha sido segmentado en 2 partes; donde la primera constituye la actividad manufacturera textil propiamente dicha que abarca desde la actividad de recolección de materias primas hasta el proceso de teñido. La segunda parte comprende netamente a la industria de la confección de prendas:

Figura 12: Flujo De La Cadena Productiva Del Sector Textil
Fuente: Sánchez Asparrin, 2014, (pág. 5)



.2.2.2.1 Descripción del proceso productivo para la confección de prendas

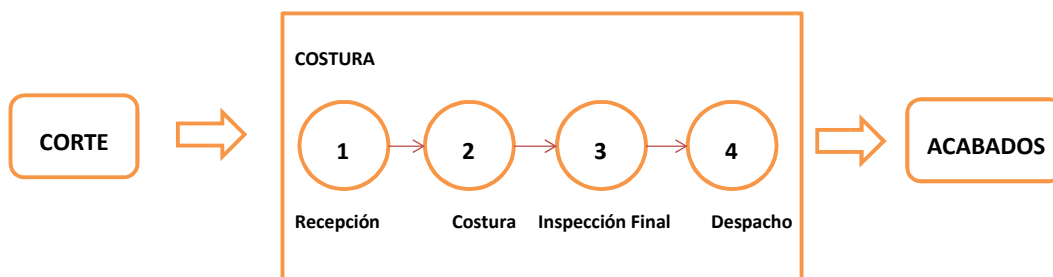
La secuencia de actividades para la confección de prendas de vestir según torres,(2005) se divide en 3 secciones las cuales son :

- a. Sección de corte y habilitado.- En esta sección se realiza el proceso de corte de la tela según el diseño de la prenda a ser confeccionada, en las dimensiones apropiadas y acorde a las cantidades requeridas por tallas y colores. Una vez obtenidas las piezas cortadas se procede a una revisión total y finalmente se realiza el proceso habilitado el cual consiste en la agrupación de las partes de las prendas a confeccionar en paquetes de 10, 20 o 30 unidades de acuerdo al producto a trabajar.
- b. Sección de costura o ensamble.- Dentro de esta sección se realiza las operaciones sucesivas de ensamble de las partes habilitadas, en función al desarrollo de una serie de operaciones generales de pre-armado y armado de las prendas así como las operaciones manuales que sean necesarias
- c. Sección de acabados.- En esta sección se realizan los acabados establecidos por el cliente como por ejemplo el planchado y embalaje.

La Figura 13 muestra el proceso de confección de prendas de vestir a nivel macro:

Figura 13: Proceso de confección de prendas de vestir a nivel macro

Fuente: Carvallo Munar, 2014, (pág. 62)



2.2.2.2. Sistema de producción para ensamble

Los sistemas de producción de ensamble consisten según Torres,(2005) en realizar operaciones sucesivas de las partes habilitadas, en función al desarrollo de una serie de operaciones de pre-armado (como pegar la basta a mangas) y de armado (como unión de las mangas al cuerpo) de las prendas así como las operaciones manuales que sean necesarias .

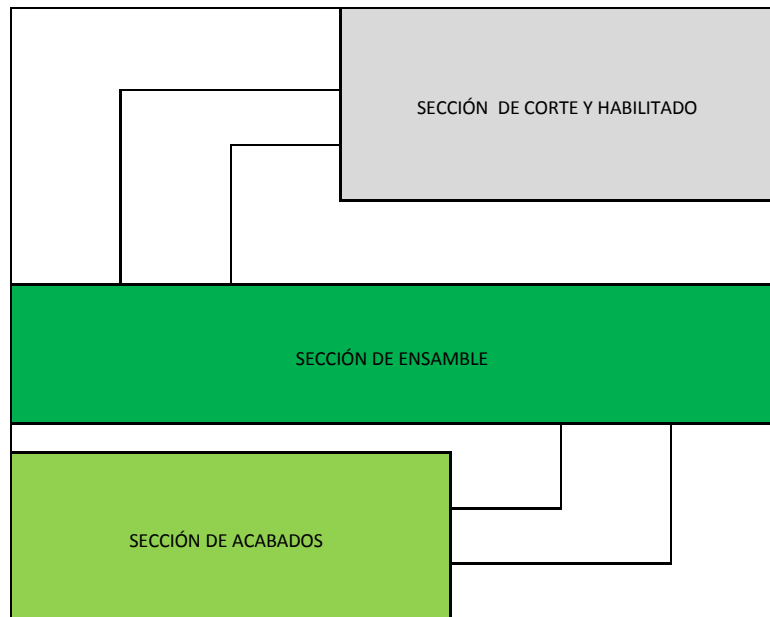
Los sistemas de producción en costura según Carvallo(2014) pueden realizarse mediante 4 tipos:

- Sistemas de prenda completa
 - Sistemas Por proceso
 - Sistemas en línea
 - Sistema modular
- a. En el sistema de prenda completa.- La fabricación de la prenda se lleva a cabo en una sola ubicación y los operarios (usualmente uno solo) realizan la confección de la prenda de manera completa.
- b. En el sistema por proceso.- El taller o fábrica se divide en secciones o departamentos especializados en un tipo de proceso y los diferentes productos van pasando por dichas secciones. Para Díaz et al (2007) la disposición por proceso es “aquella en que todas las operaciones del mismo proceso o tipo de proceso están ubicadas en un área en común .Las operaciones o actividades similares y el equipo están agrupados de acuerdo con el proceso o función que llevan a cabo” (p. 114) .

En la Figura 14 se muestra un ejemplo de este tipo de distribución es la forma como en una planta textil las actividades de corte y habilitado , ensamble y acabados se encuentran distribuidas :

Figura 14: Sistema de confección de prendas por proceso

Fuente: Díaz et al, 2007, (pág.115)



c. En el sistema en línea.- Consiste en armar líneas de producción especializadas en la confección de determinados modelos, asignando puestos de trabajo según la secuencia de operaciones y el balance de línea. Para Diaz et al , (2007) el sistema en línea es aquella en que un producto o tipo de producto se elabora en un área en la cual el material esta en movimiento , se dispone de cada operación una al lado de la siguiente . Cada una de las unidades producidas requiere la misma secuencia de operaciones de principio a fin(p.116). La Figura 15 presenta un sistema en línea de la sección de costura de una planta textil.

d. En el sistema modular.- Se aplica el concepto de celdas de manufactura flexible y consiste en armar líneas de producción pequeñas con la mínima cantidad de operarios posibles e ir confeccionando las prendas de una a una. La Figura 16 muestra un ejemplo de un sistema modular.

Figura 15: Sistema lineal de confección de prendas

Fuente: Carvallo Munar, 2014, (pág. 59)

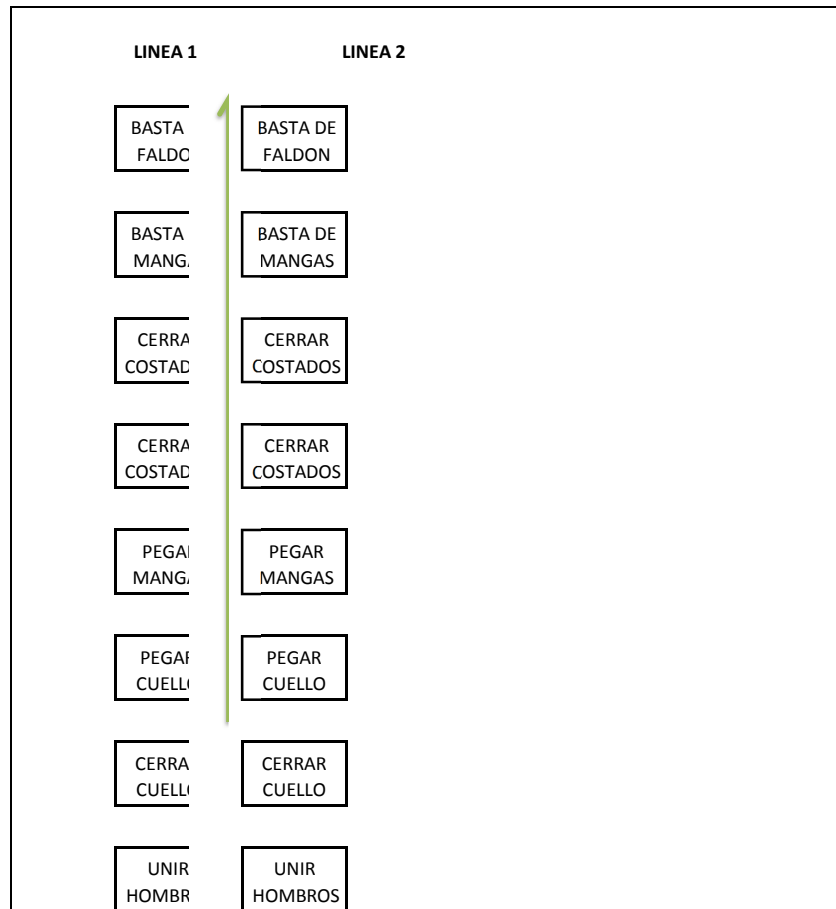
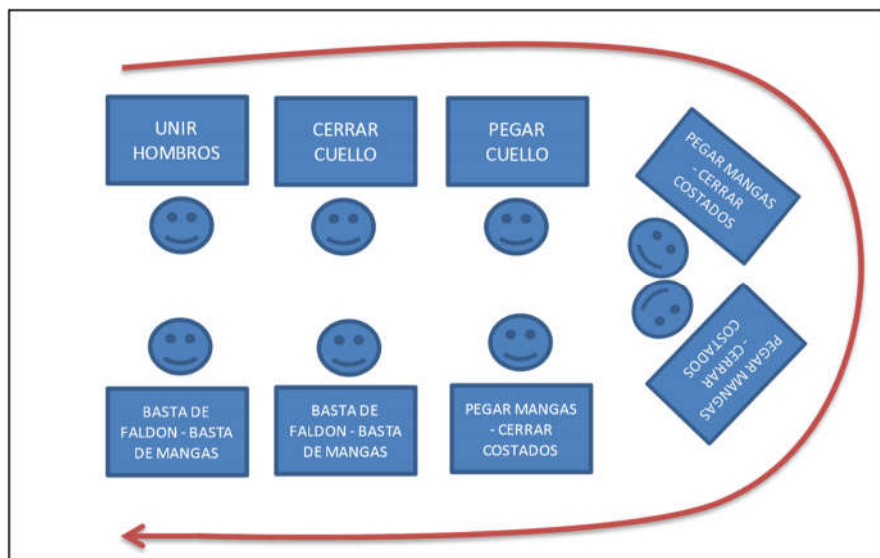


Figura 16: Sistema modular de confección de prendas

Fuente: Carvallo Munar, 2014, (pág. 60)



2.2.2.3 Descripción del proceso de una línea típica de ensamble

El proceso de ensamble según Carvallo (2014) consiste principalmente en:

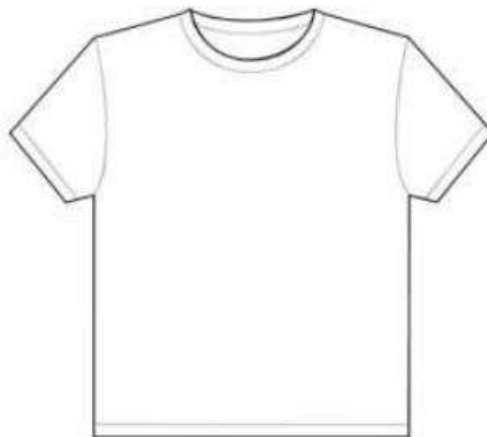
Ensamblar las piezas cortadas ,obteniendo una prenda .Las piezas básicas de una prenda convencional son el delantero , la espalda , las mangas y el cuello ; sin embargo existen muchas variantes de dicha composición de acuerdo a los modelos de prendas que puedan existir.El ensamble de la prenda se realiza al unir las piezas a traves de una serie de operaciones de costura que se lleva a cabo mediante la utilización de máquinas de coser especializadas por tipo de costura (p.62).

Según Carvallo (2014) “la mayoría de empresas de ensamble utilizan el sistema de producción por producto o línea de producción bajo la modalidad de paquete progresivo” (p.62).A continuación se presenta un modelo básico de confección de una camiseta de cuello redondo denominado T-SHIRT cuyo diseño se muestra a continuación en la Figura 17 :

Figura 17: T-SHIRT Básico

Fuente: Carvallo Munar, 2014, (pág. 63)

T-shirt básico

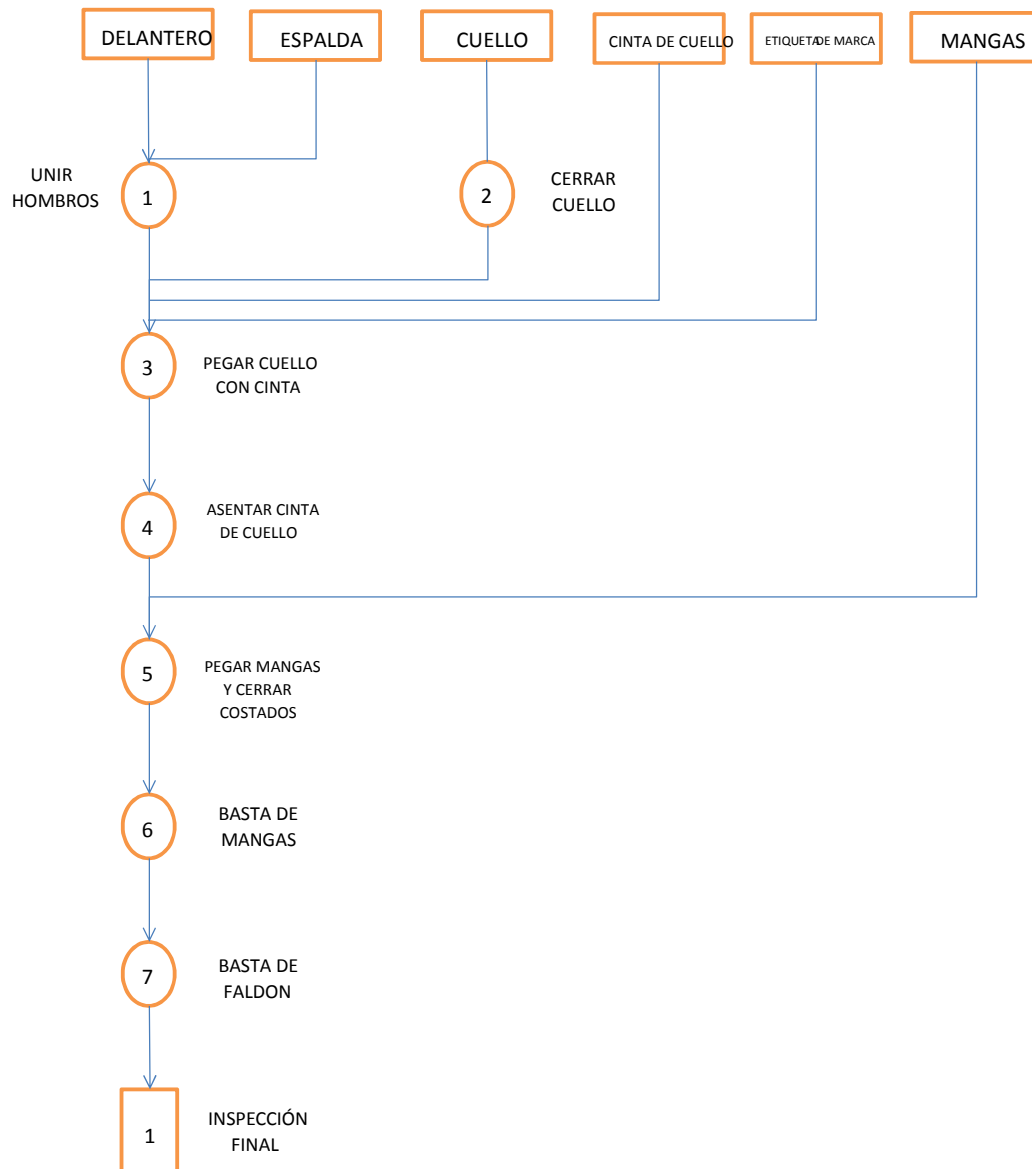


El ensamble de una prenda se realiza mediante un conjunto de operaciones en orden secuencial; a continuación se presenta en la Figura 18 un ejemplo de un

diagrama de operaciones para la confección de una camiseta de cuello redondo (T-SHIRT):

Figura 18: Diagrama de operaciones de un T-SHIRT Básico

Fuente: Carvallo Munar, 2014, (pág. 64)



2.3 Hipótesis o proposiciones de la investigación

H1: El desarrollo de la metodología basada en el uso de la simulación de sistemas incide en la planificación y programación de órdenes de producción optimizando la obtención de información acerca del comportamiento productivo en relación al número de prendas confeccionadas por hora y turno de trabajo lo cual ayudara a conseguir una planificación y programación de la producción confiable y precisa.

H2: La aplicación de la metodología basada en el uso de la simulación de sistemas impacta positivamente en la reducción o eliminación de costos generados por el pago de penalidades por incumplimiento en la fecha de entrega o pago de horas extras.

CAPITULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

3.1 Modelo conceptual

La investigación presenta el modelo conceptual partiendo de la identificación de las variables dependientes e independientes y como se relacionan entre sí. En la Tabla 6 se muestra la variable dependiente e independiente identificada a partir del objetivo general de la investigación:

Tabla 6: Variables de la investigación Fuente:
Elaboración Propia

Variable Independiente	Variable Dependiente
Metodología basada en el uso de la simulación de sistemas	La planificación y programación de órdenes de producción de manera confiable y precisa

Identificada la variable dependiente e independiente de la investigación, la Figura 19 muestra como estas variables se relacionan para poder lograr alcanzar el objetivo general de investigación.

La investigación solamente tomara una unidad de muestra para su desarrollo, es decir, una línea de ensamble de polos que trabaje bajo un sistema de producción lineal, debido a las siguientes razones:

- La investigación desea mostrar como la metodología desarrollada se puede aplicar en microempresas dedicadas al ensamble de prendas para lograr solucionar el problema de la deficiente y limitada manera de planificar y programar ordenes de producción ;debido a esta razón solo sería necesario aplicar el estudio a una microempresa ya que las 9 microempresas elegidas presentan las mismas causas-problema-efectos

de investigación, trabajan bajo el mismo sistema de producción lineal y se dedican exclusivamente al ensamble de prendas .Por lo tanto seria innecesario aplicar el estudio a más de una microempresa .

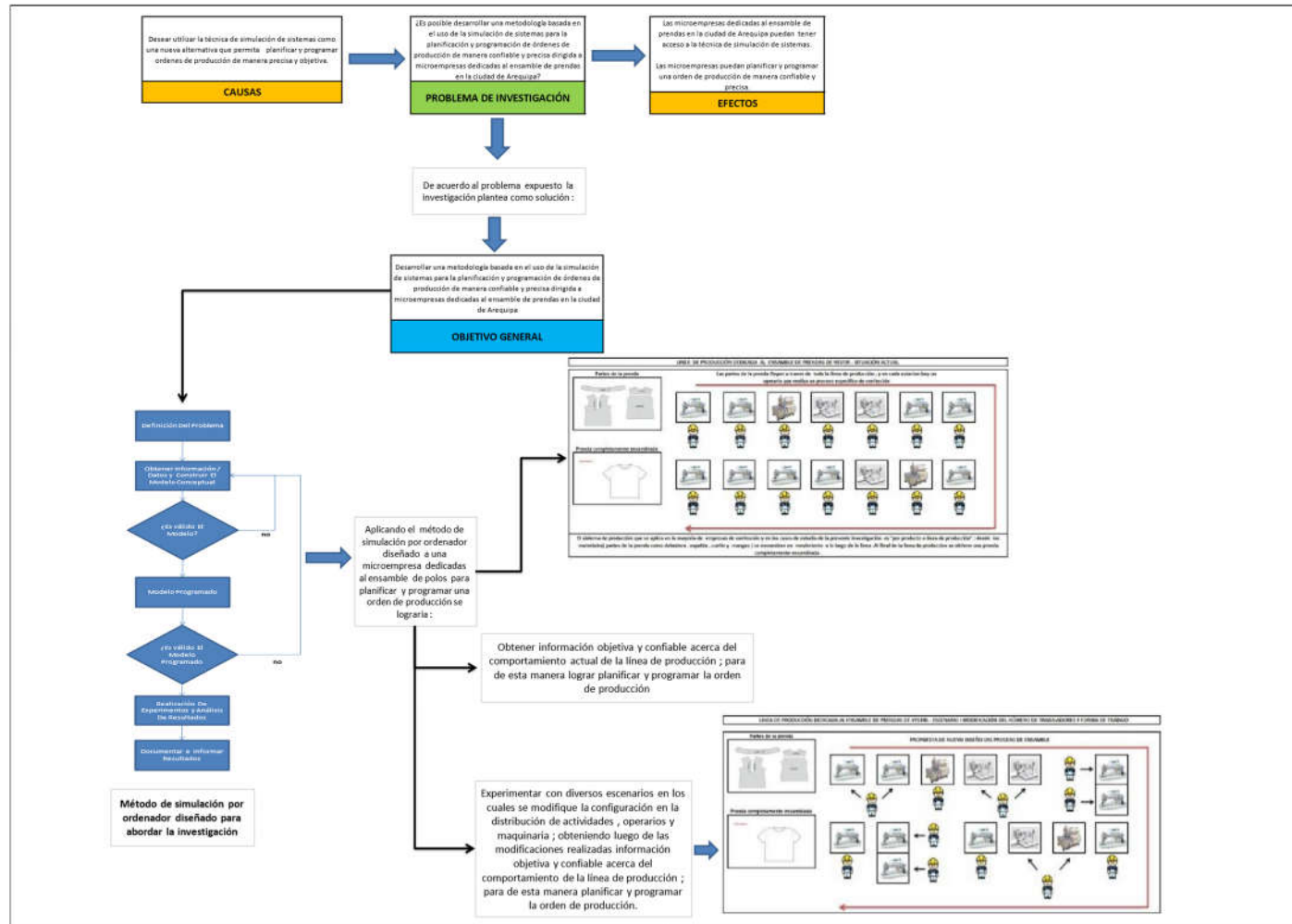
- La investigación no plantea realizar comparaciones entre microempresas para poder determinar cuál es mejor o peor, el objetivo es desarrollar una metodología dirigida al sector micro empresarial para poder planificar y programar órdenes de producción de manera precisa y confiable.
- Si se eligiera evaluar a más de una microempresa la información presentada en el documento de tesis seria repetitiva y no aportaría valor al estudio

3.2 Descripción del objeto de estudio

El objeto de estudio de la presente investigación es “El desarrollo de una metodología basada en el uso de la simulación de sistemas”. A continuación se presenta una descripción del objeto de estudio:

Las microempresas dedicadas al ensamble de prendas han demostrado tener problemas y limitaciones en relación a la tarea de planificación y programación de órdenes de producción; las cuales son necesarias resolver mediante el desarrollo de una nueva metodología basada en el uso de la simulación de sistemas la cual es el objeto de estudio.

Figura 19: Modelo conceptual de la investigación
Fuente: Elaboración propia



Para iniciar la explicación del objeto de estudio primeramente vamos a identificar 2 elementos fundamentales como son la variable independiente(X) y la variable dependiente (Y).A continuación se presenta la definición de cada tipo de variable:

- La variable independiente (X) del objeto de estudio es la metodología basada en el uso de la simulación de sistemas.
- La variable dependiente (Y) del objeto de estudio es la planificación y programación precisa y confiable de una orden de producción.

La relación entre X con Y, es de dependencia, CAUSA – EFECTO X determina a Y.

Identificadas las variables del objeto de estudio se procederá a describir cada una con mayor detalle:

Variable independiente (X) es la metodología basada en el uso de la simulación de sistemas; esta metodología está compuesta de un método diseñado el cual contiene una serie de fases o pasos y la utilización de un paquete de simulación denominado “SimQuick”. A continuación se muestra los pasos del método desarrollado:

- Paso 1.- Definición del problema
- Paso 2.- Obtener información y/o datos para la construcción del modelo conceptual
- Paso 3.- Validar el modelo conceptual
- Paso 4.- Construir el modelo de simulación
- Paso 5.- Validar el modelo de simulación
- Paso 6.- Realizar experimentos y analizar resultados
- Paso 7.- Documentar e informar los resultados

Variable dependiente (Y) es la planificación y programación de una orden de producción de manera precisa y confiable; esta variable representa el efecto o resultado que se intenta investigar mediante la aplicación práctica de la metodología desarrollada en la unidad de análisis elegida.

3.3. Descripción de la unidad de análisis

3.3.1 Diagnóstico situacional

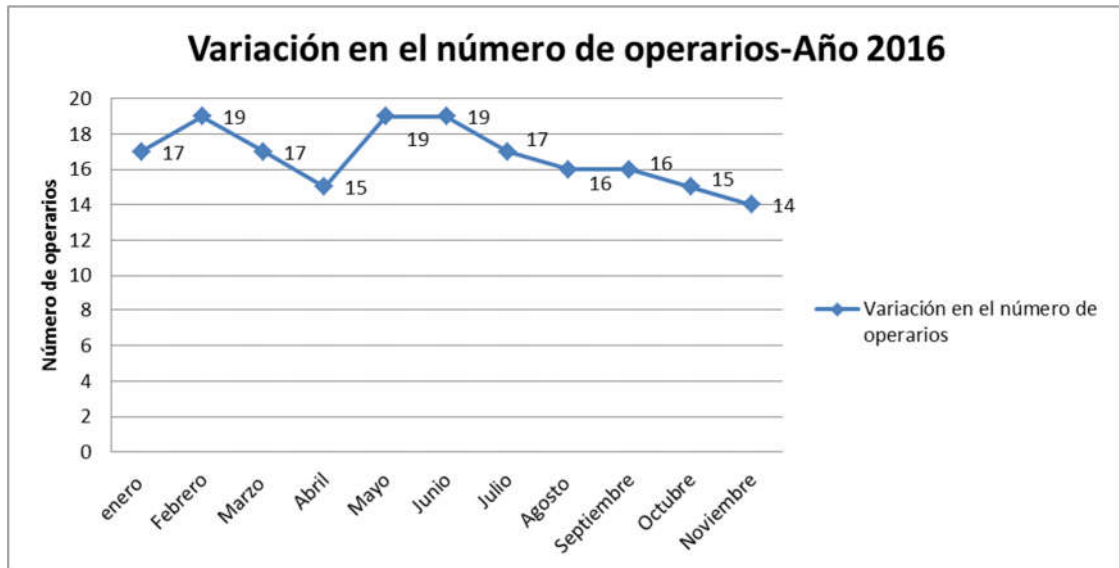
La unidad de análisis de la investigación es la microempresa # 8 la cual actualmente dedica todo su trabajo al ensamble de prendas de vestir mediante un sistema de producción lineal; siendo el ensamble de polos en sus diversas variantes su principal tipo de prenda a trabajar; no obstante también la microempresa realiza el ensamble de otras prendas como pantalones, poleras entre otras pero esto de manera muy esporádica.

Durante todo el año 2016 la microempresa se ha dedicado a ensamblar polos de diversos tipos como polos cuello V, cuello camisa, cuello redondo entre otros. Este tipo de prenda se ha convertido en su principal actividad debido a que la microempresa se encuentra trabajando con grandes empresas como FRANKY & RICKY y MFH KNITS como taller tercerizado. Debido a que la microempresa ha estado tomando diversas órdenes de producción de ensamble de polos por parte de las grandes empresas; durante casi todo el año 2016 su principal inconveniente ha sido determinar de forma precisa y real el tiempo que le toma ensamblar una orden de producción con los métodos actuales utilizados lo que ha generado incumplimiento en la fecha de entrega pactada de los pedidos que ha tomado.

La microempresa en promedio durante un mes trabaja entre 6 a 8 órdenes de producción; de las cuales el 50% aproximadamente ha sufrido algún retraso en su entrega final. Otro factor situacional relevante en la microempresa ha sido el constante movimiento de personal; por ejemplo durante casi todo el año 2016 el número de operarios mes a mes ha variado como se muestra en la Figura 20:

Figura 20: Variación en el número de operarios del año 2016

Fuente: Área administrativa microempresa # 8



Actualmente la manera o métodos como la microempresa realiza la tarea de planificar y programar cada orden de producción ha sido utilizando 2 maneras:

- Por experiencia práctica del dueño o supervisor de línea
- Utilizando una fórmula para calcular el número de prendas a producir por turno, la cual toma en cuenta variables como el número de operarios, tiempo disponible por operario, tiempo estándar de confección por prenda y la eficacia con que trabaja la línea. A continuación se presenta en la Figura 21 la fórmula utilizada y como las variables son distribuidas :

Figura 21: Fórmula para calcular el número de prendas a producir por turno

**Fuente: Área administrativa microempresa
8**

# De prendas a producir por turno =	(# De operarios * Tiempo disponible por operario (min)) * (Eficacia (%))
-------------------------------------	--

Dónde:

- # De operarios (Operarios): Representa la cantidad de trabajadores que una línea de producción posee para realizar el ensamble de prendas.
- Tiempo disponible por operario (minutos): Representa la cantidad de tiempo por turno de trabajo que un operario tiene disponible para realizar las tareas asignadas.
- Tiempo Estándar de confección por prenda (minutos): Representa la cantidad de tiempo que una prenda bajo condiciones normales de trabajo y habilidades manuales prácticas debe ser confeccionada. Este tiempo estándar es definido por la empresa que contrata el servicio de la microempresa mediante datos históricos y pruebas realizadas.
- Eficacia (Porcentaje): representa el porcentaje del tiempo disponible total que se estima la línea debe invertir realmente en el ensamble por turno de trabajo. Para poder determinar la eficacia de la línea de producción los dueños y supervisores han utilizado data histórica sobre el desempeño productivo de la línea. Por ejemplo si una línea de producción que cuenta con 13 operarios y con tiempo disponible por operario de 415 min ha estado confeccionando 120 prendas en promedio por turno de un determinado pedido; el cual tiene un tiempo estándar de confección de 28 min , entonces la eficacia de la línea para

ese pedido se determinará mediante la siguiente fórmula que se presenta en la Figura 22 :

Figura 22: Fórmula para calcular la eficacia Fuente: Área administrativa microempresa # 8

$\text{Eficacia (\%)} = \frac{\# \text{ De prendas confeccionadas promedio} * \text{Tiempo estándar de Confección (min)}}{\text{Tiempo disponible por operario (min)} * \# \text{ de operarios}}$

$$= \frac{(120 \text{ prendas}) * (28 \text{ min/prenda})}{(415 \text{ min/operario}) * (13 \text{ operarios})}$$

$$\text{Eficacia} = \frac{3360 \text{ min}}{5395 \text{ min}}$$

$\text{Eficacia} = 62\%$

- # De prendas a producir por turno (Prenda): Representa la cantidad de prendas que se estima la línea debe confeccionar por turno de trabajo.

Mediante el uso de estas 2 maneras la microempresa realiza la planificación y programación de cada orden de producción.

Debido al inconveniente para determinar de forma precisa y real el tiempo que le toma ensamblar una orden de producción con los métodos actuales la

microempresa ha sufrido pérdidas económicas por el pago de penalidades por retraso en la entrega de una orden de producción y el uso de horas extras para poder entregar el pedido lo antes posible. En la Figura 23 se muestran los costos adicionales que la microempresa ha sufrido durante el año 2016:

Figura 23: Costos adicionales de la microempresa año 2016 Fuente:
Área administrativa microempresa # 8



3.3.2 Mapeo de procesos

Una vez definida la unidad de análisis de la investigación, se realizó un mapeo de procesos en la microempresa para poder obtener una perspectiva global y local de cada proceso e identificar los procesos claves, estratégicos y de apoyo. La Figura 24 muestra el mapa de procesos de la microempresa donde se muestran los procesos claves, estratégicos y de apoyo identificados.

Luego de realizar un mapeo del proceso de forma general, la investigación se enfocara principalmente en el proceso que involucra el ensamble de prendas para lo cual la Tabla 7 muestra una descripción general de este proceso.

Figura 24: Mapa de proceso de la microempresa

Fuente: Área administrativa microempresa # 8

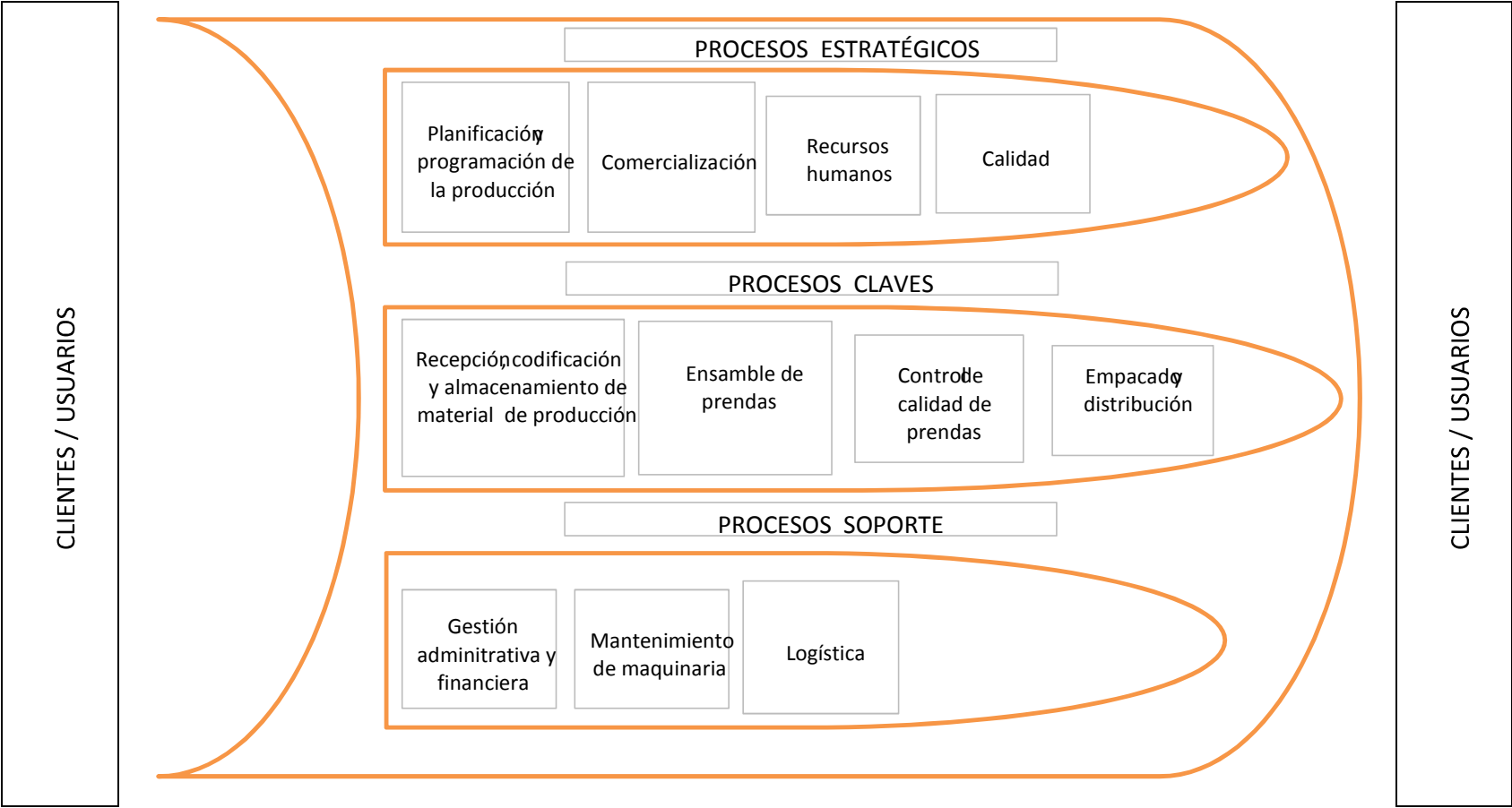


Tabla 7: Descripción de la unidad de análisis – microempresa # 8 Fuente: Área administrativa y producción microempresa # 8

CARACTERÍSTICAS GENERALES –PROCESO DE ENSAMBLE	LÍNEA DE PRODUCCIÓN- MICROEMPRESA
# De trabajadores actuales	13
Tipos de prenda que la línea trabaja :	Polos cuello camisa , cuello redondo , cuello V entre otros
# de turnos y Horario de trabajo	1 turno de 5:00 am a 1:30 pm
Tipo y número de máquinas que se utiliza para la confección de prendas	11 máquinas de costura recta 4 máquinas de remalle 5 máquinas de recubre
Tipo de sistema de producción	Lineal es decir que la línea está configurada de acuerdo a la secuencia de operaciones del tipo de prenda a confeccionar ; en este caso la línea posee la secuencia para la confección de un polo y lo único que varía es el tipo de polo a confeccionar

3.4 Descripción del tipo de investigación

La presente investigación se enfoca en su mayoría a la recopilación y análisis de datos numéricos relacionados al proceso de producción de polos. Entre los datos a recopilar estarían por ejemplo el tiempo que invierte un operario para la ejecución de una operación, prendas confeccionadas por hora y prendas confeccionadas por turno. Por lo tanto el tipo de investigación utilizada será la cuantitativa. Una investigación cuantitativa según Barragán et al, (2003) se

asienta sobre un marco conceptual mas cercano a la matemática y a la estadística y uno de los rasgos mas importantes de este tipo de investigación es que opera fundamentalmente con cantidades y que su propósito final es establecer semejanzas y diferencias en términos de proporciones .

3.5 Método de investigación

La investigación plantea como método utilizar la metodología diseñada la cual se basa en el uso de la simulación de sistemas, se ha podido establecer una serie de pasos a seguir para poder lograr finalmente planificar y programar cualquier orden de producción de manera confiable y precisa. A continuación se presentan las etapas a seguir y como se aplicaron en la unidad de análisis elegida para la investigación:

- Paso 1.- Definición del problema
- Paso 2.- Obtener información y/o datos y construcción del modelo conceptual
- Paso 3.- Validar el modelo conceptual
- Paso 4.- Construir el modelo de simulación
- Paso 5.- Validar el modelo de simulación
- Paso 6.- Realizar experimentos y analizar resultados
- Paso 7.- Documentar e informar los resultados

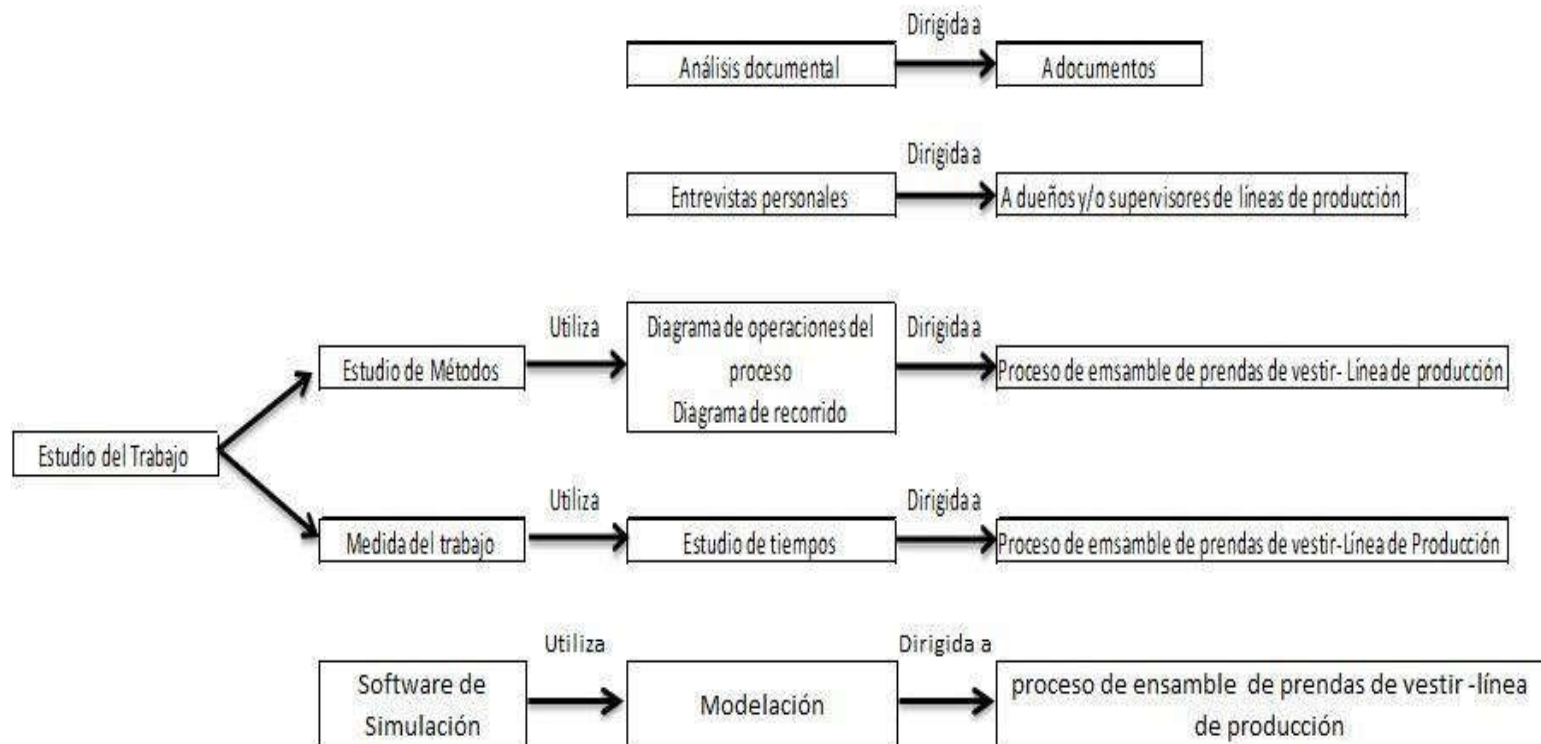
3.6. Instrumentos de investigación

3.6.1 Descripción de las técnicas y/o instrumentos

La presente investigación ha utilizado las siguientes técnicas y/o instrumentos de investigación:

- Análisis documental ○
- Entrevistas personales ○
- Estudio del trabajo ○
- Software de simulación

**Figura 25: Instrumentos de investigación Fuente:
Elaboración Propia**



- **Análisis Documental:** Se utiliza la técnica de análisis documental para obtener información a través de las diversas fuentes como tesis, manuales, libros, papers de investigación y otro tipo de información relacionado con el tema de investigación.
- **Guía de entrevista:** Se utiliza esta herramienta para poder recopilar las entrevistas que se realizaron a los dueños y supervisores de cada línea de producción acerca de cómo trabaja y cuáles son los problemas que las líneas están padeciendo. Revisar el Anexo 6 con las respectivas guías de entrevistas utilizadas, ficha técnica y reporte del análisis de la información obtenida.
- **Diagrama de operaciones del proceso (DOP) :** Se utiliza para poder representar gráficamente las sucesiones de todas las operaciones e inspecciones de que consta el procedimiento o proceso , en el caso de la investigación sería el proceso de ensamble de prendas de vestir , además de indicar los puntos de entrada de los distintos materiales que conforman el producto final .
- **Diagrama de recorrido :** Mediante este diagrama se podrá representar el recorrido que realiza el operario o el producto , en el caso de la investigación sería como las partes que conforman una prenda de vestir fluyen a través de la línea de producción , para poder cumplir con el objetivo del proceso productivo
- **Estudio de tiempos:** Mediante esta técnica determinaremos con la mayor exactitud posible, partiendo de un número limitado de observaciones, el tiempo necesario para poder llevar a cabo las operaciones y/o actividades directamente relacionadas al proceso de ensamble de prendas de vestir.
- **Modelación:** Mediante el método de modelación se creará un modelo que represente el proceso de confección de la línea de producción que será traducido a un lenguaje de simulación para poder realizar los experimentos y obtener la información necesaria para planificar y programar la producción.

3.6.2 Requerimientos en equipo, personal y Software

Para poder ejecutar la investigación es necesario contar con ciertos elementos y recursos humanos como equipos, personal y software; en la Tabla 8 se presenta la cantidad, requerimientos técnicos y/o de uso mínimos, costo y observaciones de uso por cada elemento.

Tabla 8: Descripción de los equipos, personal y software necesarios para la investigación Fuente: Elaboración propia

Equipos, personal y/o software necesarios	Cantidad	Requerimientos técnicos y/o de uso mínimos	Costo (Soles)	Observaciones de uso
Ordenador (pantalla, CPU Y teclado)	1 equipo completo	Procesador de 500 MHz o superior. Memoria 256 MB de RAM o superior. Disco duro de 1,5 GB de espacio disponible en disco. Pantalla Monitor con resolución de 1024 x 576 o superior.	Entre S/. 800 a S/1.000	Los requerimientos técnicos solicitados los posee cualquier ordenador estándar en el mercado.(El precio se estimó en el centro comercial NOVA CENTER)
Programa Microsoft Excel	1 licencia por un año	Office 2010	S/. 200	El programa Microsoft Excel se obtiene en la instalación del paquete Office 2010, actualmente el Excel es un programa tan común y popular que su adquisición no generaría ningún inconveniente

de				El Software de simulación SimQuick se descarga de manera gratuita de la dirección http://simquick.net/the-software ; este software trabaja en el entorno Excel y solo necesita el uso de macros.
Software simulación SimQuick	1 paquete	Uso de macros de Microsoft Excel	S/. -	
Personal	1 Programador	Conocimientos en modelado de sistemas en software de simulación SimQuick	Depende del proyecto a estudiar	En el caso del personal necesario para ejecutar el proyecto de simulación, el costo de personal se estimaría de acuerdo a la complejidad y número de escenarios a simular del proyecto de simulación.
	Entre 1 a 2 personas dependiendo del proyecto que se estudiará	Conocimientos para aplicar la metodología desarrollada por la investigación basada en el uso de la simulación de sistemas	Depende del proyecto a estudiar	

3.7. Recolección de datos

La recolección de datos se inicia aplicando la metodología desarrollada por la investigación; a continuación se desarrollará de forma secuencial los 7 pasos de la metodología aplicada a la unidad de análisis elegida por la investigación:

3.7.1 Paso # 1: Definición del problema

El paso # 1 el cual es definición del problema se ejecutó mediante la realización de una entrevista semi estructurada al dueño y supervisor de producción para poder generar un diagnóstico situacional de la microempresa # 8 (revisar el punto 3.3.1 Diagnóstico Situacional). Realizado el diagnostico situacional se pudo identificar que la microempresa está teniendo problemas a la hora de planificar y programar una orden de producción debido a que no logra determinar de forma precisa y real el tiempo que le toma ensamblar una orden de producción cualquiera con los métodos actuales utilizados.

Los métodos actualmente utilizados por la microempresa se ven limitados por los constantes cambios que la línea tiene como por ejemplo cambios en la distribución física y de actividades a realizar por algún operario, ingreso de nuevo personal, entre otros.

Estos cambios generan que los métodos actualmente utilizados como la experiencia del dueño y supervisor de producción y el uso de una fórmula no sean suficientemente confiables para poder realizar una planificación y programación precisa.

Identificado el problema se procederá al levantamiento de información relevante para poder planificar y programar mediante la metodología diseñada la orden de producción de un polo cuello camisa color listado.

3.7.2 Paso # 2: Obtener información/datos y construir el modelo conceptual

Luego de haber definido el problema; se procede al levantamiento de información o datos ejecutando los siguientes pasos:

3.7.2.1 Identificar las relaciones causa–efecto

La identificación de las relaciones causa-efecto del proceso de confección del polo cuello camisa color listado se ha realizado mediante una descripción detallada del orden en que las actividades son ejecutadas las cuales han sido representadas por un diagrama de operaciones del proceso (DOP), su detalle del DOP y un diagrama de recorrido.

Proceso de Confección del Polo Cuello Camisa Color Listado	
Diagrama	# De Anexo
Operaciones del proceso (DOP) y su detalle	1
Recorrido	2

3.7.2.2 Identificar los requerimientos de los datos

La identificación de los requerimientos de datos se realiza en función al objetivo del estudio de simulación que es “La planificación y programación de la orden de producción para el ensamble de polos cuello camisa color listado”. Se realiza un reconocimiento del proceso de confección del polo cuello camisa color listado y se ha podido identificar en la Tabla 9 factores tomados y no tomados en cuenta para el estudio de simulación.

3.7.2.3 Determinar el periodo de recolección de información y cantidad de datos a recolectar

El periodo de recolección de información se dio desde el día miércoles 1 de marzo del 2017 hasta el sábado 29 de abril del 2017. La Tabla 10 muestra en detalle las actividades realizadas y el periodo de duración por actividad.

Para la toma de datos en la línea de ensamble de prendas de vestir, para cada operación se determinó recolectar 30 datos iniciales para que a partir de los mismos se halle el número de datos que deben ser tomados para luego ajustarlos a una distribución. Dichas cantidades de datos serán halladas mediante la fórmula presentada en la Figura 26 que calcula el tamaño de muestra para una población infinita basada en la media y desviación estándar.

Figura 26: Fórmula para calcular el tamaño de muestra población infinita

Fuente: Ríos Santi, 2015 (pág. 40)

$$n_0 = (Z_{2(1-\alpha/2)} * S_2) / e_2$$

Con el fin de optimizar el resultado se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Si: } N > n_0(n_0 - 1) \Rightarrow n = n_0 / (1 - (n_0 / N))$$

Tabla 9: Identificación de factores tomados y no tomados en cuenta para el estudio de simulación

Fuente: Elaboración propia

#	Factores	Tomados en cuenta para la investigación	No tomados en cuenta para la investigación	Sustento del porqué no se tomó en cuenta para la investigación
1	Tiempo de falla de las máquinas	-	Si	<ul style="list-style-type: none"> La microempresa evaluada no cuenta con registros de la ocurrencia de fallas en la maquinaria utilizada para el proceso de ensamble, por lo tanto no se puede determinar de forma confiable estadísticamente el comportamiento ni la frecuencia de fallas de las máquinas.
2	Tiempo de desplazamiento de los operarios entre puestos de trabajo	Si	-	
3	Tiempo que invierten los operarios en realizar una o más actividades asignadas más la inspección	Si	-	
4	número de actividades que cada operario tiene asignadas	Si	-	

5	Distribución física del personal y maquinaria para la confección del polo cuello camisa color listado	Si	-	<ul style="list-style-type: none"> El mantenimiento preventivo es tercerizado y se realiza exclusivamente fuera del horario de trabajo de la línea, por lo tanto, no interfiere de ninguna manera en las actividades diarias de producción. La línea de producción cuenta con máquinas de reemplazo ante cualquier inconveniente mayor, por lo tanto, si algún tipo de maquinaria necesitara mayor tiempo en mantenimiento la línea no se vería afectada.
6	Tiempo en mantenimiento preventivo de las máquinas	-	Si	
7	Tiempo de producción por turno de trabajo	Si	-	

8	Tiempo que invierten los operarios en reprocesar prendas	-	Si	<ul style="list-style-type: none"> Según la forma de trabajo en la línea de producción cualquier reproceso de prenda se realiza fuera del tiempo disponible de producción, es decir, si por algún motivo algunas prendas necesitan ser reprocesadas por alguna falla en su ensamble, al final de la línea de producción la persona encargada de hacer el control de calidad de todas las prendas separa las que tengan alguna falla y las entrega a las operarias involucradas en el ensamble para que realicen el reprocesamiento al término de su horario de trabajo ; de esta manera el ritmo de producción no se ve afectado. Debido a que el proceso de reprocesamiento de prendas se realiza fuera del horario de trabajo; este tiempo no fue considerado cuando se generó el modelo conceptual del proceso.
---	--	---	----	--

Tabla 10: Actividades realizadas para la recolección de información

Fuente: Elaboración propia

Duración : 2 meses (43 días hábiles de lunes a viernes)	
Miércoles 1 de marzo al viernes 28 de abril del	
Fecha inicial -final : 2017	
Lugar : Línea de producción Microempresa	
Duración (días) :	Actividad Realizada
11	Recopilación de información inicial sobre la problemática de investigación mediante la guía de entrevistas realizada a los dueños
8	Reconocimiento a nivel macro del proceso de ensamble mediante un mapeo de procesos
9	Identificación de las actividades relacionadas al ensamble de un polo cuello camisa color listado y diseño del diagrama de operaciones del proceso y de recorrido.
5	Toma de tiempos inicial del proceso de ensamble de un polo cuello camisa color listado
10	Toma de tiempos final del proceso de ensamble de un polo cuello camisa color listado

La fórmula presentada en la Figura 26 tiene como finalidad ajustar el n_0 hallado

asumiendo que al multiplicarlo por $(n_0 - 1)$ tiene que ser mayor a un “N” - valor de un número alto difícilmente alcanzable - elevado que en este caso es igual a 5000 para garantizar que los datos a levantar sea una cantidad considerada, en caso de serlo se aplica.

$$n = n_0 / (1 - (n_0 / N))$$

Dónde:

$$\square Z_{\frac{(1-\alpha/2)}{2}}^2 = \text{Nivel de confianza}$$

$\square S^2 = \text{Varianza poblacional}$

$\square e = \text{Error máximo permisible } (5\% \cdot \mu)$

$\square \mu = \text{Media Muestral}$

$\square N = \text{Tamaño de la población estimada} \quad \square n = \text{Tamaño de muestra}$

0

A partir de los cálculos anteriores aplicando la fórmula para el tamaño de muestra para una población infinita basada en la media y desviación estándar, se muestra en la Tabla 11 la cantidad de datos a levantar por cada operación.

3.7.2.4 Levantar información usando fuente de datos apropiadas

El levantamiento de información se realizó mediante una toma de tiempos que tomó en cuenta los factores tomados en cuenta por la investigación y las relaciones causa-efecto identificada anteriormente. De acuerdo al análisis estadístico la cantidad de datos a levantar por cada operación es de 100.

Proceso de Confección del Polo Cuello Camisa Color Listado	
Fuente de Datos	# De Anexo
Toma de Tiempos	3

3.7.3 Paso # 3: ¿Es válido el modelo conceptual?

El paso número 3 validaciones del modelo conceptual se realizó mediante la revisión detallada del DOP y el diagrama de recorrido del sistema. Realizada la revisión se determinó que el modelo conceptual refleja el sistema modelado.

Tabla 11: Número de muestras por operación – tabla resumen

Fuente: Elaboración propia

OPERACIÓN	MEDIA MUESTRAL	VARIANZA MUESTRAL	NIVEL DE CONFIANZA	Z1- Alfamedios	% é	e	Z ²	e ²	n0	N	n0 (n0-1)	n	Datos a levantar
Tomar prenda + Pegar pechera SET ON listado+ Revisar pegado de pechera SET ON	146	635	95%	1.96	5%	7.32	3.84	53.61	46	5000	2026	46	<u>46</u>
Tomar prenda + Acomodar prenda y pechera + Marcar para embolsar	87	498	95%	1.96	5%	4.37	3.84	19.08	100	5000	9952	-	<u>100</u>
Embolsar pechera superior SET ON base + Revisar embolse de pechera	81	430	95%	1.96	5%	4.07	3.84	16.56	100	5000	9854	-	<u>100</u>
Igualar hombros con tijera	27	45	95%	1.96	5%	1.34	3.84	1.79	97	5000	9220	-	<u>97</u>
Recortar abertura de pechera + Piquetear + Recortar pechera superior SET ON + voltear	46	23	95%	1.96	5%	2.28	3.84	5.18	17	5000	265	17	<u>17</u>
Embolsar puntas de cuello + Revisar embolse de puntas de cuello	43	58	95%	1.96	5%	2.15	3.84	4.62	48	5000	2253	48	<u>48</u>
Unir hombros listado con tira	24	2	95%	1.96	5%	1.20	3.84	1.44	4	5000	13	4	<u>4</u>
Pespuntar hombros con cadeneta - 1(D)	17	6	95%	1.96	5%	0.84	3.84	0.70	31	5000	929	31	<u>31</u>
Pespuntar hombros con cadeneta especial	17	7	95%	1.96	5%	0.83	3.84	0.69	38	5000	1391	38	<u>38</u>
Corte de pespunte de cadeneta	8	2	95%	1.96	5%	0.40	3.84	0.16	57	5000	3187	58	<u>58</u>
Marcar centro de cuello	8	2	95%	1.96	5%	0.41	3.84	0.17	55	5000	2965	56	<u>56</u>
Pegar cuello box con cinta	97	620	95%	1.96	5%	4.87	3.84	23.74	100	5000	9963	-	<u>100</u>
Recortar cinta de cuello + Marcar para pegado de etiqueta	40	16	95%	1.96	5%	1.98	3.84	3.93	16	5000	235	16	<u>16</u>
Asentar cinta cuello box con 2 etiquetas	117	280	95%	1.96	5%	5.87	3.84	34.46	31	5000	942	31	<u>31</u>
Preparar + Asentar + Pespuntar pechera SET ON	212	742	95%	1.96	5%	10.61	3.84	112.65	25	5000	616	25	<u>25</u>
Preparar + Asentar + Pespuntar pechera SET ON	201	1063	95%	1.96	5%	10.07	3.84	101.38	40	5000	1583	41	<u>41</u>
Atracar pechera listado interior + Recortar	51	108	95%	1.96	5%	2.53	3.84	6.41	65	5000	4162	66	<u>66</u>
Atracar pechera rectangular SET ON	121	520	95%	1.96	5%	6.03	3.84	36.36	55	5000	2968	56	<u>56</u>
Preparación y marcado de recubre	57	89	95%	1.96	5%	2.85	3.84	8.09	42	5000	1761	43	<u>43</u>
Recubrir basta faldón listado fino long tail	80	302	95%	1.96	5%	3.99	3.84	15.89	73	5000	5245	-	<u>73</u>
Recortar basta faldón	19	8	95%	1.96	5%	0.96	3.84	0.92	35	5000	1180	35	<u>35</u>
Preparacion para el pegado de mangas	25	38	95%	1.96	5%	1.23	3.84	1.50	97	5000	9354	-	<u>97</u>
Pegar manga corta listado fino	99	92	95%	1.96	5%	4.97	3.84	24.66	14	5000	193	14	<u>14</u>
Recubrir sisa manga corta	54	18	95%	1.96	5%	2.70	3.84	7.28	10	5000	81	10	<u>10</u>
Cerrar costados manga corta listado fino long tail	244	198	95%	1.96	5%	12.20	3.84	148.76	5	5000	21	5	<u>5</u>
Fijar costados +piquetear costado	13	8	95%	1.96	5%	0.64	3.84	0.40	78	5000	6081	-	<u>78</u>
Formar pinza	34	20	95%	1.96	5%	1.68	3.84	2.82	28	5000	742	28	<u>28</u>
Cortar bordes y sobrantes (x 2 lados)	14	7	95%	1.96	5%	0.68	3.84	0.46	58	5000	3300	59	<u>59</u>
Atracar aberturas preparadas	147	134	95%	1.96	5%	7.34	3.84	53.83	10	5000	81	10	<u>10</u>

De acuerdo a la Tabla 11 la cantidad de datos a levantar por cada operación serán de 100.

3.7.4 Paso # 4: Modelo programado

Con un modelo conceptual valido del proceso de ensamble del polo; se procede a realizar la traducción a un modelo de simulación mediante los siguientes pasos:

3.7.4.1 Determinar las propiedades del modelo

El modelo es del tipo terminal debido a que tiene un inicio y un fin, el sistema termina cuando la última prenda totalmente ensamblada ha salido de sistema y se ha completado el pedido.

3.7.4.2 Identificar los elementos de simulación de eventos discretos

3.7.4.2.1 Entidades:

Por ser una línea de producción que se dedica a la confección de polos en sus diversos tipos, se ha escogido la confección de un polo cuello camisa color listado teniendo como entidades las diferentes partes de las cuales se compone el polo cuello camisa y que las mismas transitan por el sistema . A continuación se presenta las diversas entidades identificadas:

- Delantero
- Espalda
- Pechera
- Tira para hombros
- Cadeneta
- Cuello box
- Etiquetas



Mangas

- Aberturas
- Hilos de color

3.7.4.2.2 Recursos:

Los recursos en el modelo son los diversos tipos de máquinas, herramientas (tijera, piqueta) y trabajadores, ya que estos son los que llevan a cabo cada parte del proceso de confección del polo cuello camisa color listado y son los siguientes:

- Trabajadores: En el proceso de confección los trabajadores realizan las diversas operaciones para la confección del polo utilizando las máquinas y herramientas.
- Máquina de costura recta

Figura 27: Máquina de costura recta Fuente:

Elaboración propia





Máquina remalladora

Figura 28: Máquina remalladora

Fuente: Elaboración propia



- Máquina recubridora

**Figura 29: Máquina recubridora Fuente:
Elaboración propia**



- Tijera

Figura 30: Tijera Fuente: Elaboración propia



- Piquetera

Figura 31: Piquetera Fuente: Elaboración propia



3.7.4.2.3 Colas:

Las colas representan el espacio y tiempo que las partes de un polo cuello camisa color listado debe esperar antes de ser atendidos por algún recurso del sistema. En el caso del sistema de ensamble de prendas las colas son las mesas donde las prendas esperan antes de ser trabajadas por cada recurso. La Figura 32 muestra las diversas colas del sistema.

De acuerdo a como la línea de ensamble se ha distribuido en relación a las actividades y el tiempo promedio que cada operaria invierte en ejecutarlas, la Tabla 12 muestra el tiempo promedio total que cada operaria invierte en realizar las tareas asignadas; esta información ha sido recopilada de la Tabla 11: Número de muestras por operación – tabla resumen; a partir de esta información la Figura 33 presenta el balance de línea que actualmente la línea posee.

Figura 33: Balance de línea actual por operaria

Fuente: Elaboración Propia

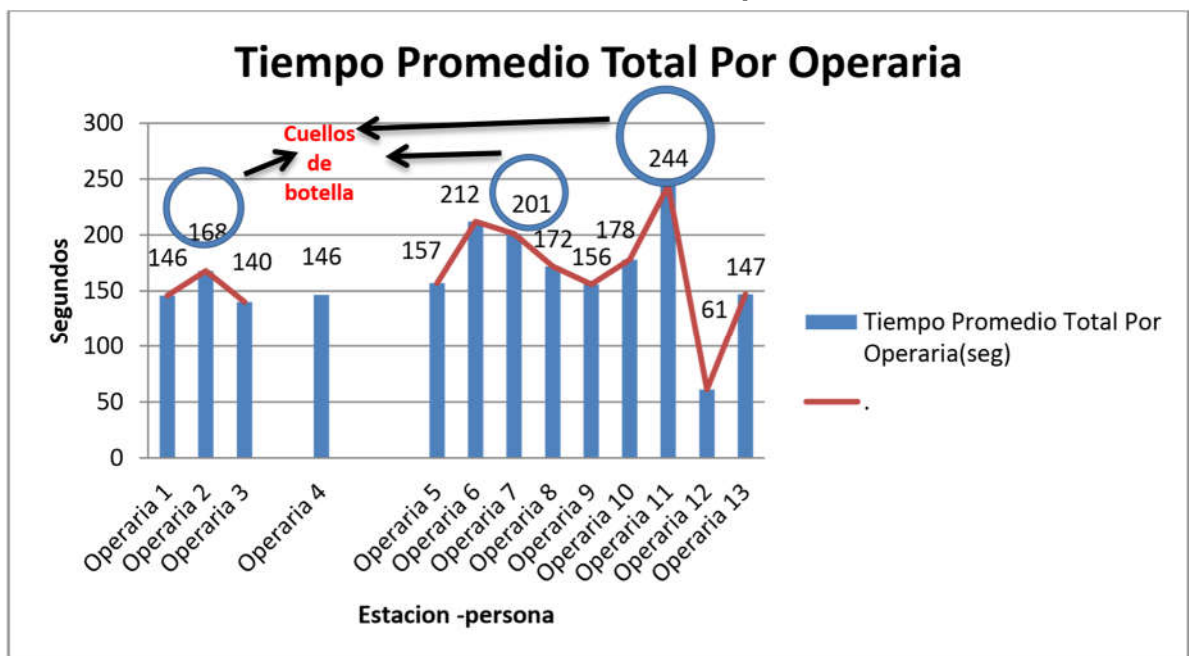


Figura 32: Colas Del Sistemas De Confección De Prendas
Fuente: Elaboración propia

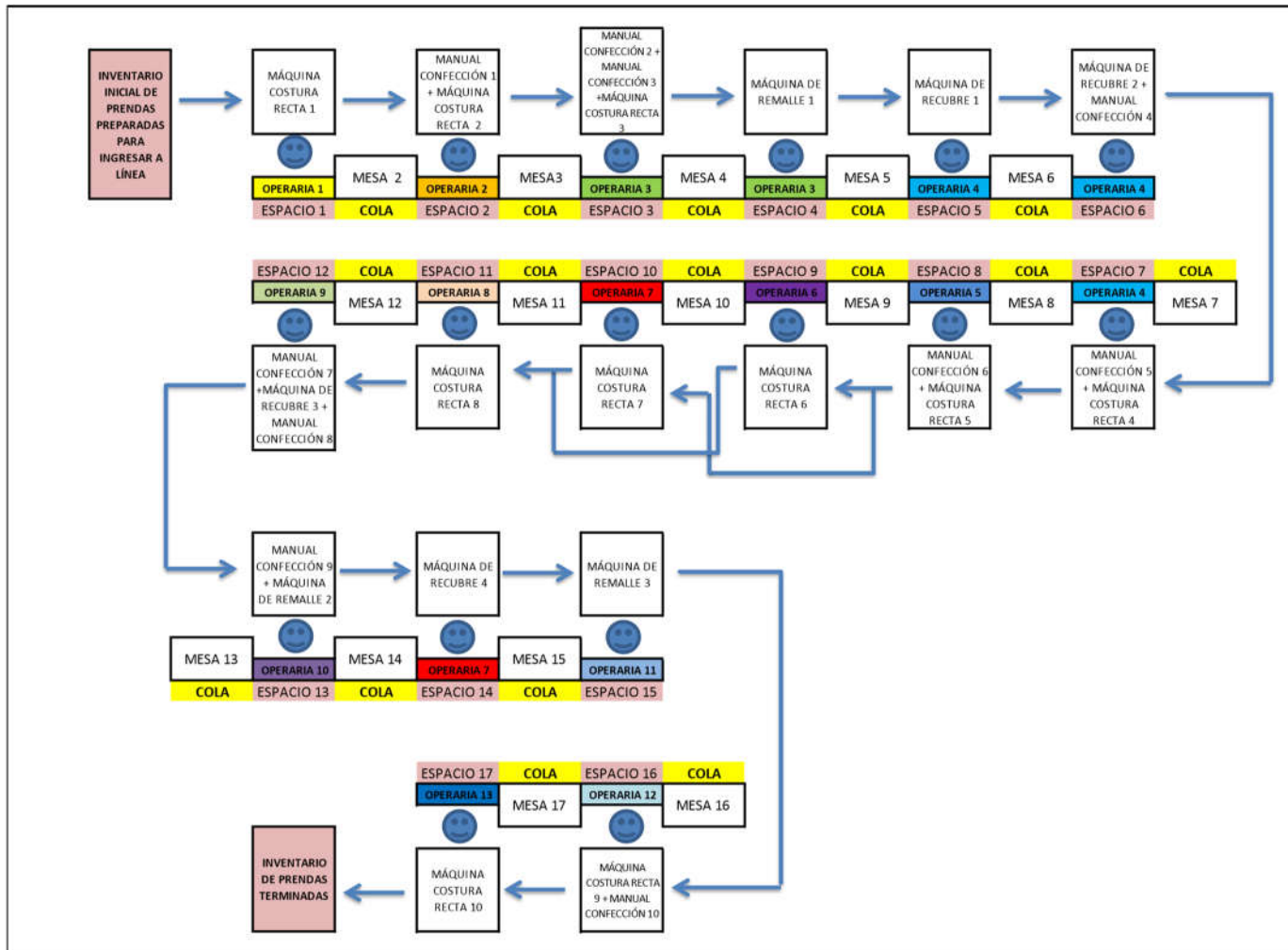


Tabla 12: Tiempo promedio total por operaria

Fuente: Elaboración propia

# de Operaria	Actividades	Tiempo Promedio Por Actividad(seg)	Tiempo Promedio Total Por Operaria(seg)
Operaria 1	Tomar prenda +Pegar pechera SET ON listado+ Revisar pegado de pechera SET ON	146	146
Operaria 2	Tomar prenda +Acomodar prenda y pechera +Marcar para embolsar Pechera Superior SET ON base + Revisar Embolse de Pechera	168	168
Operaria 3	Igualar Hombros con Tijera + Recortar Abertura de Pechera +Piquetear +Recortar Pechera Superior SET ON + Voltar + Embolsar Puntas de Cuello + Revisar Embolse de Puntas de Cuello	116	140
	Unir Hombros Listado con Tira	24	
Operaria 4	Pespuntar Hombros con Cadeneta -1(D)	17	146
	Pespuntar Hombros con Cadeneta Especial + Corte de Pespunte de Cadeneta	25	
	Marcar Centro de Cuello + Pegar Cuello Box con Cinta	105	
Operaria 5	Recortar Cinta de Cuello +Marcar para Etiqueta + Asentar Cinta Cuello Box con 2 Etiquetas	157	157
Operaria 6	Preparar +Asentar +Pespuntar Pechera SET ON	212	212
Operaria 7	Preparar +Asentar +Pespuntar Pechera SET ON	201	201
Operaria 8	Atracar Pechera Listado Interior + Recortar + Atracar Pechera Rectangular SET ON	172	172
Operaria 9	Preparación y Marcado de Recubre + Recubrir Basta Faldón Listado Fino Long Tail + Recortar Basta Faldón	156	156
Operaria 10	Preparación para el Pegado de mangas + Pegar Manga Corta Listado Fino + Recubrir Sisa Manga Corta	178	178
Operaria 11	Cerrar Costados Manga Corta Listado Fino Long Tail	244	244
Operaria 12	Fijar Costados +Piquetear Costado + Formar Pinza + Cortar Bordes y Sobrantes	61	61
Operaria 13	Atracar Aberturas Preparadas	147	147

Como se puede observar en la Figura 33 la línea de ensamble al trabajar bajo un sistema de producción lineal presenta varios cuellos de botella debido a la distribución desigual en tiempo promedio para la ejecución de actividades por operaria.

3.7.4.2.4 Variables:

Las variables ofrecen información que refleja alguna característica del sistema, en el caso de la línea de producción las variables que serán utilizadas en el estudio son:

- Número de objetos que han salido del sistema por turno
- Número de objetos que han salido del sistema por hora
- Porcentaje de utilización de los recursos
- Tiempo que le toma a la línea completar todo el pedido
- Inventario promedio por cola
- Tiempo promedio de permanencia por cola

3.7.4.3 Determinar los supuestos:

Al elaborar el modelo de simulación del sistema de confección de prendas, es necesario antes hacer unas consideraciones acerca del funcionamiento real del sistema, a fin de no considerar eventos que suceden muy rara vez o no son significativos para el objetivo del estudio. A continuación se hace una lista de las consideraciones que se tomaron en cuenta para la modelación:

- Se considera como unidad mínima de tiempo en el simulador cuando la última prenda ha salido del sistema.
 - Debido a que las prendas son ensambladas a lo largo de la línea de producción, el pedido se considera finalizado cuando la última prenda ha sido ensamblada por completo.
- Se considera que la capacidad de la cola es infinita.
 - No hay límite en el número de prendas que cada mesa puede almacenar temporalmente, se asume que tiene capacidad infinita.

- La microempresa trabaja bajo un sistema de producción lineal donde las colas (mesas de trabajo) son de almacenaje temporal, es decir, las partes de las prendas a ensamblar fluyen a través de la línea de producción y pasan por cada cola y se almacenan de manera temporal; debido a esto se consideró como capacidad infinita.
- La microempresa como proceso no tiene establecido ningún límite sobre la capacidad de cada cola (mesas de trabajo) que afecte el normal flujo de producción diario por lo tanto cuando se generó el modelo conceptual del sistema se consideró como capacidad infinita.
- Las prendas que sean reprocesadas por algún error al momento de su ensamble no se consideran en el modelo de simulación.
 - El modelo de simulación no contempla el número ni el tiempo invertido en reprocesar prendas que han tenido algún error al momento de su confección. La forma de trabajo en la línea de producción contempla que las prendas que posean algún error en su confección sean reprocesadas por la persona que cometió el error pero fuera del horario de trabajo, es decir, que el reprocesamiento de las prendas no se realiza en las horas de trabajo y no se considera como sobretiempos debido a que es responsabilidad de cada operaria la entrega de prendas correctamente ensambladas.
 - Las prendas que tienen que ser reprocesadas ya se consideran prendas completas en su confección, solo que al momento de su confección poseen algún error el cual será reparado posteriormente sin interferir en el normal desenvolvimiento de la línea.
- Se considera que la línea de producción posee todas las partes de la prenda a confeccionar, es decir, posee todo el inventario inicial de partes de prendas necesario para ensamblar todo el pedido.

- Para la confección de un polo cuello camisa color listado es necesario contar con partes básicas como delantera, espalda y mangas, además de accesorios como cuello, pechera, aberturas, entre otros. Todas estas partes en el modelo de simulación se asume que se poseen, y por lo tanto se tiene un inventario inicial de partes igual al número de prendas a confeccionar por pedido.
- Se considera que un turno de trabajo posee una duración de 6 horas con 45 minutos (23490 segundos), este periodo de tiempo no incluye los 30 min de refrigerio y 60 min por suplementos por necesidades personales, fatiga y suplementos variables.
 - Se ha considerado para la simulación solo el tiempo disponible que los trabajadores utilizan en la confección de prendas, no se considera el tiempo que se toma en refrigerios y suplementos.
- Se ha considerado que durante el periodo de simulación no se producirá ausentismos prolongados por parte de los trabajadores causados por factores externos.
 - Debido a que la investigación solo considera el ensamble de un pedido específico, el factor ausentismo de algún trabajador afectaría de manera significativa la simulación, además de considerar el ausentismo como un factor externo el cual no se puede pronosticar.
- No se considera tiempos de traslado entre puestos de trabajo debido a la cercanía casi directa entre los puestos, además de ser insignificante en términos de tiempo.

3.7.4.4. Traducir el modelo conceptual a un lenguaje de simulación

Para la creación del modelo de simulación en el software SimQuick se utilizó información recopilada anteriormente en el diagrama de operaciones, diagrama de recorrido, modelo conceptual, entrevistas al personal, identificación de elementos de simulación y los supuestos. En el anexo 4 se muestra gráficamente que tipo de módulos, orden y lógica se utilizaron para la traducción del modelo conceptual.

Proceso de Confección del Polo Cuello Camisa Color Listado	
Creación del modelo en el software SimQuick	# De Anexo
Modelo Programado	4

3.7.4.4.1 Ajustar los datos muestrales a distribuciones de probabilidad teóricas poblacionales

Con la data recolectada se procederá a realizar un análisis estadístico que demuestre cuanto se ajustan nuestros datos muestrales a una distribución de probabilidad. Para que la data recolectada pueda ser utilizada como input para el modelo de simulación del proceso de confección antes debe ser analizada estadísticamente. Las pruebas que se realizaran para demostrar la calidad del ajuste de los datos a una distribución de probabilidad serán las pruebas de Chicuadrado, Kolmogorov-Smirnov (K-S) y error cuadrático.

La investigación utiliza el software analizador de datos Input Analyzer, que entre sus varias funciones establece las hipótesis, realiza las pruebas de Chicuadrado y Kolmogorov-Smirnov (K-S) en forma automática y muestra el error cuadrático para cada distribución de probabilidad, brindando de esta manera información referente a la calidad del ajuste de los datos recolectados con relación a una distribución de probabilidad. Luego de ingresar y procesar los datos recolectados por cada operación en el Input Analyzer se obtuvo la siguiente data en relación a las pruebas Chi-cuadrado, Kolmogorov-Smirnov (K-S) y error cuadrático. Como se puede apreciar en la Tabla 13 el p-valué es mayor al valor del riesgo de 0.05 (5%) en las pruebas Chi-cuadrado y Kolmogorov-Smirnov (K-S), lo cual indica que hay un buen ajuste de los datos con relación a la distribución de probabilidad que mejor representa la data por cada operación y además presenta el menor error cuadrático.

El software de simulación utilizado por la investigación trabaja solo con 4 tipos de distribuciones de probabilidad normal, exponencial, uniforme y discreta. Debido a

esta limitación la investigación utilizará las distribuciones de probabilidad de la Tabla 14 las cuales también poseen un p-valor mayor al valor del riesgo de 0.05 (5%) en las pruebas Chi-cuadrado y KolmogorovSmirnov (K-S), lo cual indica que hay un buen ajuste de los datos con relación a la distribución de probabilidad.

3.8. Análisis de datos

El análisis de datos se realiza a partir del paso # 5 de la metodología desarrollada por la investigación.

3.8.1 Paso # 5: ¿Es válido el modelo programado?

Para la validación del modelo de simulación se evalúan los siguientes indicadores:

- Número de prendas confeccionadas el segundo día de trabajo
 - ✓ Se ha decidido tomar este indicador debido a que la línea a partir del segundo día de trabajo ya posee un flujo constante de producción el cual puede ser comparado con otros pedidos anteriores.
- Número de prendas terminadas durante el periodo de simulación
 - ✓ Se ha decidido tomar este indicador debido a que la línea posee información histórica acerca de la producción por hora de trabajo la cual podrá ser comparada con la información obtenida mediante la simulación.

Tabla 13: Distribución de probabilidades por operación

Fuente: Elaboración propia

Proceso	Distribución Ideal	Square Error	Chi Square Test Correspondiente a P-Value	Kolmogorov-Smirnov Test Correspondiente a P-Value >
Tomar prenda + Pegar pechera SET ON listado+ Revisar pegado de pechera SET ON	NORM(145, 25.8)	0.008214	0.167	0.15
Tomar prenda + Acomodar prenda y pechera + Marcar para embolsar	40 + 102 * BETA(1.03, 1.33)	0.005482	0.473	0.11
Embolsar pechera superior SET ON base + Revisar embolse de pechera	NORM(85.7, 23.5)	0.003093	0.596	0.15
Igualar hombros con tijera	TRIA(13.5, 27, 40.5)	0.007083	0.689	0.15

Recortar abertura de pechera + Piquetear + Recortar pechera superior SET ON + Voltear prenda	35.5 + WEIB(22.3, 2.49)	0.00579	0.721	0.11
Embolsar puntas de cuello + Revisar embolse de puntas de cuello	27.5 + WEIB(18.5, 2.64)	0.007808	0.601	0.1
Unir hombros listado con tira	NORM(24.2, 1.07)	0.00555	0.135	0.15
Pespuntar hombros con cadeneta	NORM(16.8, 2.26)	0.001551	0.75	0.15
Pespuntar hombros con cadeneta especial	10.5 + WEIB(6.51, 2.56)	0.008228	0.316	0.08
Corte de despunte de cadeneta	2.5 + 11 * BETA(7.19, 6.91)	0.002762	0.404	0.11
Marcar centro de cuello	4.5 + WEIB(4.3, 2.76)	0.003661	0.544	0.13
Pegar cuello box con cinta	54.5 + 80 * BETA(0.901, 0.945)	0.007987	0.172	0.14
Recortar cinta de cuello + Marcar para pegado de etiqueta	NORM(40, 3.74)	0.010779	0.713	0.15
Asentar cinta cuello box con 2 etiquetas	NORM(119, 15.5)	0.009547	0.121	0.15
Preparar + Asentar + Pespuntar pechera SET ON	NORM(213, 29.1)	0.002345	0.75	0.15
Preparar + Asentar + Pespuntar pechera SET ON	155 + 103 * BETA(1.14, 1.12)	0.008619	0.156	0.12
Atracar pechera listado interior + Recortar	25.5 + WEIB(27.3, 2.51)	0.009182	0.0918	0.13
Atracar pechera rectangular SET ON	NORM(120, 25.2)	0.003146	0.491	0.15
Preparacion y marcado de recubre	39.5 + 34 * BETA(1.07, 0.858)	0.008009	0.426	0.15
Recubrir basta faldon listado fino long tail	49.5 + 64 * BETA(0.918, 0.837)	0.00874	0.676	0.13
Recortar basta faldón	14.5 + 10 * BETA(0.819, 1.14)	0.004503	0.458	0.14
Preparación para el pegado de mangas	NORM(24, 7.53)	0.009208	0.0967	0.15
Pegar manga corta listado fino	NORM(98.5, 8.98)	0.008213	0.396	0.15
Recubrir sisa manga corta	47.5 + 15 * BETA(1.02, 1.17)	0.006768	0.269	0.12
Cerrar costados manga corta listado fino long tail	TRIA(211, 248, 275)	0.010677	0.626	0.1
Fijar costados + Piquetear costado	NORM(13.3, 2.75)	0.002961	0.75	0.15
Formar pinza	19.5 + 28 * BETA(4.78, 5.15)	0.005605	0.328	0.09
Cortar bordes y sobrantes	NORM(13.4, 2.58)	0.023285	0.0829	0.1
Atracar aberturas preparadas	POIS(146)	0.00924	0.75	0.15

Tabla 14: Distribución de probabilidades por operación utilizadas

Fuente: Elaboración propia

Proceso	Distribución Elegida	Square Error	Chi Square Test Correspondiente a P-Value	Kolmogorov-Smirnov Test Correspondiente a P-Value >
---------	----------------------	--------------	---	---

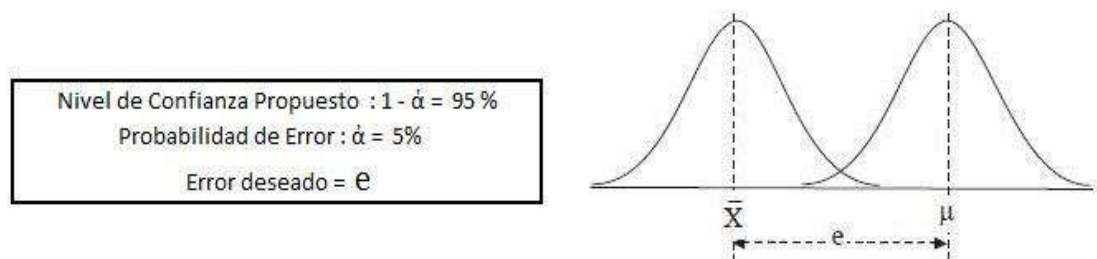
Tomar prenda + Pegar pechera SET ON listado+ Revisar pegado de pechera SET ON	NORM(145, 25.8)	0.008214	0.167	0.15
Tomar prenda + Acomodar prenda y pechera + Marcar para embolsar	UNIF(40, 142)	0.011	0.379	0.0727
Embolsar pechera superior SET ON base + Revisar embolse de pechera	NORM(85.7, 23.5)	0.003093	0.596	0.15
Igualar hombros con tijera	NORM(27.5, 5.86)	0.007187	0.607	0.11
Recortar abertura de pechera + Piquetear + Recortar pechera superior SET ON + Voltear prenda	NORM(45.5, 4.61)	0.008666	0.75	0.1
Embolsar puntas de cuello + Revisar embolse de puntas de cuello	NORM(44, 6.68)	0.00801	0.646	0.06
Unir hombros listado con tira	NORM(24.2, 1.07)	0.00555	0.135	0.15
Pespuntar hombros con cadeneta	NORM(16.8, 2.26)	0.001551	0.75	0.15
Pespuntar hombros con cadeneta especial	NORM(16.3, 2.38)	0.008704	0.364	0.06
Corte de pespunte de cadeneta	NORM(8.04, 1.7)	0.00392	0.393	0.09
Marcar centro de cuello	NORM(8.33, 1.5)	0.004373	0.483	0.06
Pegar cuello box con cinta	UNIF(54.5, 135)	0.0081	0.234	0.1
Recortar cinta de cuello + Marcar para pegado de etiqueta	NORM(40, 3.74)	0.010779	0.713	0.15
Asentar cinta cuello box con 2 etiquetas	NORM(119, 15.5)	0.009547	0.121	0.15
Preparar + Asentar + Pespuntar pechera SET ON	NORM(213, 29.1)	0.002345	0.75	0.15
Preparar + Asentar + Pespuntar pechera SET ON	UNIF(155, 258)	0.0092	0.75	0.15
Atracar pechera listado interior + Recortar	NORM(49.9, 10.2)	0.009598	0.217	0.08
Atracar pechera rectangular SET ON	NORM(120, 25.2)	0.003146	0.491	0.15
Preparacion y marcado de recubre	UNIF(39.5, 73.5)	0.009788	0.525	0.15
Recubrir basta faldon listado fino long tail	UNIF(49.5, 114)	0.009375	0.75	0.089
Recortar basta faldón	UNIF(14.5, 24.5)	0.0122	0.191	0.13
Preparación para el pegado de mangas	NORM(24, 7.53)	0.009208	0.0967	0.15
Pegar manga corta listado fino	NORM(98.5, 8.98)	0.008213	0.396	0.15
Recubrir sisa manga corta	UNIF(47.5, 62.5)	0.007733	0.178	0.11
Cerrar costados manga corta listado fino long tail	NORM(245, 13.6)	0.010681	0.381	0.07
Fijar costados + Piquetear costado	NORM(13.3, 2.75)	0.002961	0.75	0.15
Formar pinza	NORM(33.4, 5.05)	0.005639	0.222	0.076
Cortar bordes y sobrantes	NORM(13.4, 2.58)	0.023285	0.0829	0.1
Atracar aberturas preparadas	NORM(146, 12.1)	0.009307	0.707	0.09

3.8.1.1 Determinar el número de réplicas preliminares:

Para tener conclusiones válidas a partir de la simulación es necesario antes saber el número de réplicas que debe tener el modelo que estará en función al grado de variabilidad del indicador del modelo de simulación. Para calcular el número de réplicas en nuestro experimento, se tomara como indicador el número de prendas totalmente ensambladas que la línea produce por cada turno de trabajo, desde que inicia hasta que termina la simulación. La Figura 34 muestra el factor de precisión que se utiliza para el cálculo del número de réplicas preliminares.

Figura 34: Factor de precisión

Fuente: Ríos Santi, 2015(pág. 68)



El error **e** es un factor de precisión; el cual es la mitad del ancho del intervalo o llamado también half width. Es el error deseado entre la media estimada " \bar{x} " y la media teórica " μ " como se puede apreciar en la Figura 34. Para el cálculo del error preliminar denominado **h₀** tomando un tamaño " n " se utiliza la fórmula de la Figura 35.

Figura 35: Fórmula para el cálculo del error preliminar Fuente:

Ríos Santi, 2015(pág. 70)

$$h_0 = t_{(n-1, 1-\alpha/2)} \sqrt{\frac{S_n^2}{n}}$$

Dónde:

h₀: Error preliminar **n'**: Muestra preliminar (número de réplicas preliminares) **S** : Valor estimado de la desviación estándar.

(n)

t_(n-1, 1-α/2): Valor de la tabla de la distribución T-Student = 2.2010

A partir de la obtención del error preliminar **h₀**; se estimará el número de réplicas para el experimento tomando un valor de **e < h₀**.

El número de réplicas preliminares será de 12 y por tener menos de 30 réplicas iniciales se utilizará la distribución T-Student con la fórmula presentada en la Figura 36.

Figura 36: Fórmula para el cálculo del número de réplicas preliminares

Fuente: Ríos Santi, 2015(pág. 71)

$$n = \left[\frac{t_{(n'-1, 1-\alpha/2)} * S_{(n')}}{e} \right]^2$$

Dónde:

n: Número de réplicas que el modelo necesita para alcanzar un nivel de confianza

n': Muestra preliminar (número de réplicas preliminares) **S** : Valor estimado de la desviación estándar.

(n)

t
(n-1, 1-α/2): Valor de la tabla de la distribución T-Student = 2.2010

Para poder obtener data inicial se hace correr el modelo para tomar los primeros resultados del indicador número de prendas totalmente ensambladas que la línea produce por cada turno de trabajo, desde que inicia hasta que logra ensamblar la última prenda y completar el pedido. El modelo de simulación correrá 26.1 horas. La Tabla 15 muestra la data generada en relación a número de prendas confeccionadas por turno de trabajo al correr las 12 réplicas del modelo de simulación.

A partir de la información presentada en la Tabla 15 se puede obtener las medias y sus respectivas desviaciones estándar por cada turno de trabajo, para luego calcular el número de réplicas por cada turno como se muestra en la Tabla 16:

Tabla 16: Número de réplicas

FUENTE: Elaboración propia

TURNOS DE TRABAJO	HORARIO	MEDIA	DESVIACIÓN ESTANDAR	h0=ERROR PRELIMINAR	e=ERROR	Valor de : $t(n-1, 1-\alpha/2)$; Donde : $n=12$; $\alpha=0.05$	NÚMERO DE RÉPLICAS
1	8am a 1 pm	39	0.85	0.54	0.5	2.201	14.00
2	5am a 1pm	135.58	1.16	0.74	0.7	2.201	13.30
3	5am a 1pm	231.17	1.11	0.71	0.65	2.201	14.13
4	5am a 1pm	326.92	1.16	0.74	0.7	2.201	13.30
5	5am a 8am	366.5	1.09	0.69	0.6	2.201	15.99

Tabla 15: Número de prendas totales promedio acumulado por turno

Fuente: Elaboración propia

				NÚMERO DE RÉPLICAS											
Turno	Hora	# De prendas promedio ensambladas por intervalo de tiempo	# De prendas totales promedio acumulado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	8am – 9am	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9am - 9:35am	4	4	4	3	4	5	4	5	3	3	5	5	5	4
	10:20am – 11am	9	13	13	13	12	13	13	12	13	13	13	13	12	14
	11am – 12pm	14	27	26	27	27	26	26	26	26	27	27	27	27	26
	12pm – 1pm	13	39	39	39	40	39	37	39	40	39	39	38	40	39
2	5am -6am	14	53	53	52	52	53	54	54	54	53	52	52	52	52
	6am – 7am	13	66	66	66	66	66	65	66	66	66	66	66	66	66
	7am – 8am	13	79	80	78	81	78	81	80	77	80	80	79	78	79
	8am – 9am	13	93	93	92	93	93	93	93	93	92	92	92	93	93
	9am - 9:35am	7	100	98	99	101	102	99	100	99	100	101	100	99	102
	10:20am – 11am	9	109	109	108	108	108	108	110	109	108	109	108	108	109
	11am – 12pm	14	123	124	122	123	123	123	122	123	123	122	123	121	122
	12pm – 1pm	13	136	135	138	135	135	135	135	135	138	135	135	136	135
3	5am -6am	13	149	147	150	148	150	147	148	147	150	150	150	150	150
	6am – 7am	13	162	162	161	162	162	162	161	161	162	161	163	162	162
	7am – 8am	14	176	176	175	174	178	175	174	177	177	176	177	174	174
	8am – 9am	12	188	185	189	186	188	189	188	186	189	188	189	188	189
	9am - 9:35am	8	196	195	196	195	195	194	197	196	196	195	196	198	196
	10:20am – 11am	9	205	205	205	206	204	204	204	204	207	205	204	204	204

	11am – 12pm	14	219	218	219	219	220	219	219	219	216	217	219	219	219
	12pm – 1pm	13	231	231	231	231	229	233	232	230	231	231	231	231	233
4	5am -6am	13	244	246	243	246	243	244	243	243	245	243	243	243	243
	6am – 7am	14	258	258	258	257	258	258	258	258	258	260	257	259	258
	7am – 8am	13	271	270	270	271	270	272	272	270	271	270	272	271	270
	8am – 9am	14	284	285	285	285	285	285	284	285	282	283	285	283	285
	9am - 9:35am	7	292	291	292	291	292	291	294	293	291	290	292	292	292
	10:20am – 11am	9	301	300	303	298	301	300	302	301	300	299	302	300	300
	11am – 12pm	13	314	315	315	314	312	314	312	314	315	312	315	314	313
	12pm – 1pm	13	327	327	327	329	327	327	328	324	326	327	327	327	327
5	5am -6am	13	340	339	342	339	341	339	339	339	341	340	340	341	339
	6am – 7am	14	354	353	354	354	354	355	355	354	354	353	354	353	355
	7am – 8am	13	367	366	365	368	366	366	369	367	366	366	366	366	367

Como se muestra en la Tabla 16, para cada turno de trabajo se halló el número mínimo de réplicas, obteniendo en el turno 5 el valor máximo que es 16 réplicas. Será a partir de este número que se obtendrá información válida del modelo de simulación.

3.8.1.2. Comparar el modelo real y el modelo de simulación mediante pruebas de hipótesis

A partir de las 16 réplicas se obtiene nuevamente las medias del número de prendas confeccionadas el segundo día de trabajo y del número de prendas terminadas durante todo el periodo de simulación con sus respectivas desviaciones estándar ; y será con estos datos que se hará la comparación con datos históricos y pedidos terminados más recientes. La Tabla 17 muestra data generada en relación al número de prendas confeccionadas por turno de trabajo al correr las 16 réplicas del modelo de simulación , además del cálculo de la media y desviación estándar.

Para realizar la prueba de hipótesis, se necesita la media y desviación estándar del sistema real. En la Tabla 18 se muestra la cantidad de prendas confeccionadas el segundo turno y en la Tabla 19 el número de prendas confeccionadas durante un periodo de tiempo (26.1 horas) de los últimos 15 pedidos correspondientes a

la confección de un polo cuello camisa color listado, que se obtuvo de los registros de producción de la microempresa proporcionados por el dueño.

Tabla 18: Número real de prendas confeccionadas el 2do turno de trabajo

Fuente: Registros de producción de la microempresa # 8

PEDIDO	# DE PRENDAS	PEDIDO	# DE PRENDAS	PEDIDO	# DE PRENDAS
1	100	6	91	11	89
2	92	7	94	12	95
3	94	8	96	13	96
4	102	9	90	14	99
5	110	10	90	15	101

Tabla 17: Cálculo de la media y desviación estándar

Fuente: Elaboración propia

			NÚMERO DE RÉPLICAS																u3	σ3
TURNOS DE TRABAJO	HORARIO	# De prendas promedio ensambladas por intervalo de tiempo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Media Muestral	Desviación Estándar
2	5am a 1pm	96	96	96	94	97	96	97	96	95	95	98	94	96	96	96	96	95	95.81	1.05

			NÚMERO DE RÉPLICAS																u4	σ4
TURNOS DE TRABAJO	Duración(horas)	# De prendas promedio ensambladas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Media Muestral	Desviación Estándar
1 al 5	26.1	367	366	367	367	369	366	366	366	366	367	369	367	366	367	368	367	366	366.88	1.02

De la Tabla 18 se obtiene datos de la media y desviación estándar: Media
 $= u1 = 95.93$

Desviación Estándar $= \sigma1 = 5.69$

$n1 = 15$

Tabla 19: Número real de prendas confeccionadas durante 26.1 horas

Fuente: Registros de producción de la microempresa # 8

PEDIDO	# DE PRENDAS	PEDIDO	# DE PRENDAS	PEDIDO	# DE PRENDAS
1	359	6	370	11	375
2	366	7	364	12	365
3	371	8	359	13	370
4	358	9	366	14	377
5	368	10	373	15	373

De la Tabla 19 se obtiene datos de la media y desviación estándar: Media
 $= u2 = 367.60$

Desviación Estándar $= \sigma2 = 5.91$

$n2 = 15$

- Prueba de hipótesis o contraste de medias para el número real de prendas confeccionadas el 2do turno de trabajo

$$H0: u1 - u3 = 0$$

$$H1: u1 - u3 \neq 0$$

- Prueba de hipótesis o contraste de medias para el número real de prendas confeccionadas durante 26.1 horas

$$H_0: u_2 - u_4 = 0$$

$$H_1: u_2 - u_4 \neq 0$$

Criterio de rechazo de H_0 :

$$|t_0| > t_{\alpha/2, v}$$

A partir de la siguiente fórmula presentada en la Figura 37:

Figura 37: Fórmula para criterio de rechazo de H_0 Fuente:

Ríos Santi, 2015(pág. 79

$$t_0 = \frac{\bar{\chi}_1 - \bar{\chi}_2}{\sqrt{\frac{\sigma^2_1}{n_1} + \frac{\sigma^2_2}{n_2}}}$$

Para obtener los grados de libertad se usara la siguiente fórmula presentada en la Figura 38:

Figura 38: Fórmula para el cálculo de los grados de libertad Fuente:

Ríos Santi, 2015(pág. 80

$$v = \frac{\left(\frac{\sigma^2_1}{n_1} + \frac{\sigma^2_2}{n_2} \right)^2}{\frac{\left(\sigma^2_1 / n_1 \right)^2}{n_1 + 1} + \frac{\left(\sigma^2_2 / n_2 \right)^2}{n_2 + 1}} - 2$$

Luego de aplicar el procedimiento y fórmulas descritas anteriormente para la comparación de medias entre las prendas reales y las que arroja el modelo para saber si son o no iguales estadísticamente, la Tabla 20 muestra los resultados obtenidos. En todos los casos la hipótesis nula se acepta, en consecuencia se puede asumir que las medias del número de prendas en cada caso son iguales en el modelo de simulación como en el real. Por lo tanto se puede afirmar que el modelo elaborado en el paquete de simulación SimQuick tiene un comportamiento igual que el real y se puede hacer propuestas de escenarios a partir del mismo.

3.8.2 Paso # 6: Realización de experimentos y análisis de resultados

Luego de obtener un modelo validado se procede a correr el modelo de simulación a partir de 16 réplicas y obtener información para realizar la planificación y programación de la orden de producción.

3.8.2.1 Número de prendas confeccionadas por turno de trabajo

Para la confección total del pedido se observa en la Tabla 21 que en promedio en un turno de trabajo la línea logrará confeccionar entre 96 y 97 prendas de este tipo. La línea necesita por lo menos 26.1 horas de trabajo neto para lograr confeccionar aproximadamente un pedido de 367 prendas.

Tabla 21: Prendas confeccionadas por turno de trabajo

FUENTE: Elaboración propia

Turnos de Trabajo	Horario	# De prendas promedio ensambladas por intervalo de tiempo	# De prendas totales promedio acumulado	% De participación por turno de trabajo
1	8am a 1 pm	40	40	11%
2	5am a 1pm	96	135	26%
3	5am a 1pm	96	231	26%
4	5am a 1pm	97	328	26%
5	5am a 8am	39	367	11%

Total	367	100%
-------	-----	------

Tabla 20: Comparación de medias – tabla resumen

Fuente: Elaboración propia

TURNOS DE TRABAJO	HORARIO	NÚMERO DE PRENDAS REALES		NÚMERO DE PRENDAS MODELO DE SIMULACIÓN		t0	V	t $\alpha/2$, v	t $\alpha/2$, v	
		MEDIA	DESVIACIÓN ESTANDAR	MEDIA	DESVIACIÓN ESTANDAR				t 0.05/2, v	t0 < t 0.05/2,V
2	5am a 1pm	95.93	5.69	95.81	1.05	0.081	15	2.131	0.081 < 2.131	Se acepta la H0
	Todo el periodo de simulación = 26.1 h	367.60	5.91	366.88	1.02	0.468	15	2.131	0.468 < 2.131	Se acepta la H0

3.8.2.2 Utilización

Para la utilización del personal, se puede observar en la Tabla 22 el porcentaje de tiempo que cada operaria ha estado ocupada realizando alguna actividad designada durante el periodo de simulación (26.1 horas). La mayoría de operarias ha estado ocupada entre un mínimo de 48% y un máximo de 67%; salvo la operaria 11 que tiene un porcentaje de utilización de 96%, lo cual indica que durante todo el periodo de simulación ha estado ocupada.

Tabla 22: Utilización de los recursos

FUENTE: Elaboración propia

Utilización de recursos	% Promedio
Operaria 1	<u>57%</u>
Operaria 2	<u>69%</u>
Operaria 3	<u>55%</u>
Operaria 4	<u>57%</u>
Operaria 5	<u>62%</u>
Operaria 6	<u>55%</u>
Operaria 7	<u>49%</u>
Operaria 8	<u>67%</u>
Operaria 9	<u>62%</u>
Operaria 10	<u>48%</u>
Operaria 11	<u>96%</u>
Operaria 12	<u>42%</u>
Operaria 13	<u>57%</u>

3.8.2.3 Inventario promedio por cada cola

Lo que respecta al número de prendas promedio que permanecen en cada cola (mesa de trabajo), se puede observar en la Tabla 23 que las mesas de trabajo que registran el mayor número promedio de prendas por cola son la mesa2.Queue con 22 prendas promedio y la mesa15.Queue con 50 prendas

promedio. Las demás mesas de trabajo registran un valor casi nulo de prendas promedio por mesa.

3.8.2.4 Tiempo promedio de permanencia por cola

Lo que respecta al tiempo promedio de permanencia por cada cola (mesa de trabajo), se puede observar en la Tabla 24 que las mesas de trabajo que registran el mayor tiempo promedio de permanencia son la mesa2.Queue con 95 minutos promedio y la mesa15.Queue con 212 minutos promedio. Las demás mesas de trabajo registran un valor bajo de tiempo promedio de permanencia.

3.8.2.5. Experimentación de escenarios con el modelo de simulación

3.8.2.5.1. Establecer las consideraciones:

Como se ha podido observar en la Tabla 22 utilización de recursos, en toda la línea de producción la operaria 11 posee el mayor porcentaje de utilización con 96 %, lo cual indica que durante todo el periodo de trabajo esta operaria se encuentra ocupada en comparación con las demás operarias que tienen un porcentaje de utilización entre 48% y 67% ; además observando la Tabla 23 inventario promedio por cola se pudo ver que la mesa15.queue correspondiente al puesto de trabajo de la operaria 11 tiene 50 prendas en promedio , lo cual en comparación con las demás mesas.queue(colas) de la línea de producción representa el mayor inventario promedio . La Tabla 24 tiempo promedio de permanencia por cola muestra que la mesa15.queue correspondiente al puesto de trabajo de la operaria 11 tiene 212 min, lo cual significa que una prenda en promedio permanece 212 min antes de ser trabajada por la operaria, lo cual en comparación con las demás mesas.queue (colas) representa el mayor tiempo de permanencia en una mesa.

Todos estos indicadores permiten darnos cuenta que el principal cuello de botella de la línea de producción se encuentra en el puesto de trabajo de la operaria 11 que le corresponde la mesa15.queue.

Tabla 23: Inventario promedio por cola

FUENTE: Elaboración propia

Inventario Promedio	Número de prendas
Mesa 2.Queue	<u>22.33</u>
Mesa 3.Queue	<u>0.14</u>
Mesa 4.Queue	<u>0.18</u>
Mesa 5.Queue	<u>0.03</u>
Mesa 6.Queue	<u>0.06</u>
Mesa 7.Queue	<u>0.03</u>
Mesa 8.Queue	<u>0.23</u>
Mesa 9.Queue	<u>0.05</u>
Mesa 11.Queue	<u>0.67</u>
Mesa 12.Queue	<u>0.28</u>
Mesa 13.Queue	<u>0.40</u>
Mesa 14.Queue	<u>0.35</u>
Mesa 15.Queue	<u>49.97</u>
Mesa 16.Queue	<u>0.02</u>
Mesa 17.Queue	<u>0.52</u>

Tabla 24: Tiempo promedio de permanencia por cola

FUENTE: Elaboración propia

Tiempo Promedio de permanencia por cola	Tiempo (min)
Mesa 2.Queue	94.77
Mesa 3.Queue	0.58
Mesa 4.Queue	0.77
Mesa 5.Queue	0.13
Mesa 6.Queue	0.27
Mesa 7.Queue	0.14
Mesa 8.Queue	0.97
Mesa 9.Queue	0.20
Mesa 11.Queue	2.86
Mesa 12.Queue	1.17
Mesa 13.Queue	1.72
Mesa 14.Queue	1.48
Mesa 15.Queue	212.05
Mesa 16.Queue	0.09
Mesa 17.Queue	2.22

3.8.2.5.2. Establecer la propuesta de escenario

Por lo expuesto anteriormente se planteara el siguiente escenario:

Escenario 1: El dueño de la línea decide contratar una nueva operaria y habilitar un nuevo puesto de trabajo en paralelo que se encargue de realizar las mismas actividades que la operaria 11

Objetivo: Aumentar la cantidad de prendas confeccionadas por turno de trabajo.

3.8.2.5.3. Establecer las consideraciones de simulación:

- Se incrementara un recurso denominado operaria 14
- El tiempo de simulación se define con una especificación que indica que “La simulación termina cuando la última prenda del pedido sale del sistema”.
- Se realizará 16 réplicas
- Se medirán los indicadores número de prendas confeccionadas promedio por réplica, utilización de cada recurso en función al tiempo de simulación, inventario promedio por cada cola y el tiempo promedio de espera en cola.

3.8.2.5.4. Representar el modelo conceptual y modelo programado

Definidas las consideraciones de simulación para el escenario 1, se procederá a generar un nuevo modelo conceptual del escenario 1 el cual se muestra en la Figura 39.

Establecido el modelo conceptual del escenario 1, se procederá a traducir a un modelo de simulación .En el anexo 5 se muestra gráficamente que tipo de módulos, orden y lógica se utilizaron para la traducción del modelo conceptual.

94

Proceso de Confección del Polo Cuello Camisa Color Listado- Escenario 1	
Creación del modelo en el software Simquick	# De Anexo
Modelo Programado	5

3.8.2.5.5 Determinar los resultados – Escenario 1

A partir de las 16 réplicas se obtiene resultados como número de prendas confeccionadas promedio por réplica, utilización de cada recurso en función al tiempo de simulación, inventario promedio por cada cola y el tiempo promedio de espera en cola.

3.8.2.5.5.1. Número de prendas confeccionadas por turno de trabajo

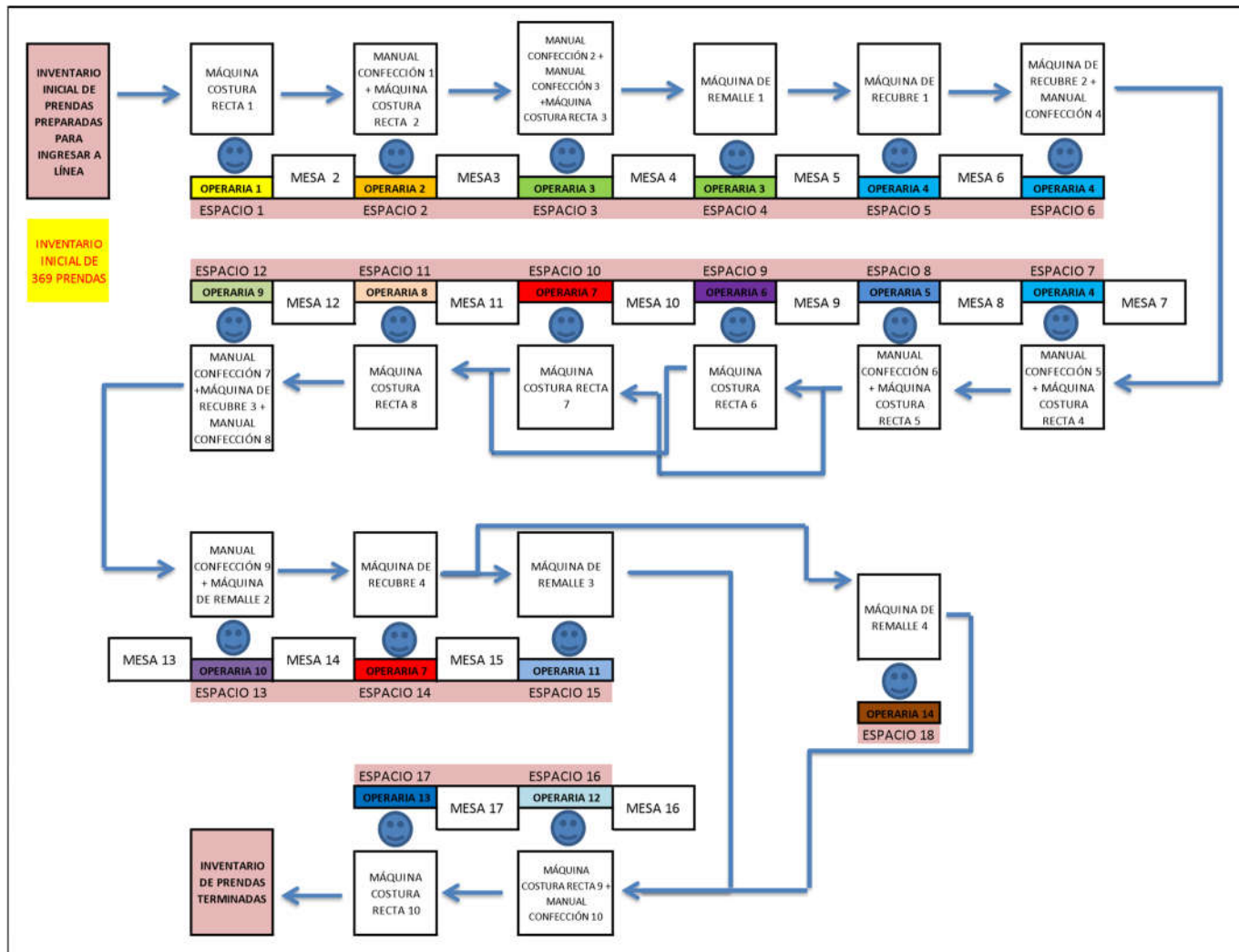
Para la confección total del pedido se observa en la Tabla 25 que en promedio en un turno de trabajo la línea lograra confeccionar entre 131 y 132 prendas de este tipo. La línea necesita por lo menos 19 horas de trabajo neto para lograr confeccionar aproximadamente un pedido de 362 prendas.

Tabla 25: Prendas confeccionadas por turno de trabajo-Escenario 1

Fuente: Elaboración propia

Turnos de Trabajo	Horario	# De prendas promedio ensambladas por intervalo de tiempo	# De prendas totales promedio acumulado	% De participación por turno de trabajo
1	8am a 1 pm	55	55	15%
2	5am a 1pm	132	187	36%
3	5am a 1pm	131	318	36%
4	5am a 7am19min	44	362	12%
Total		362		100%

Figura 39: Modelo conceptual para el escenario 1
Fuente: Elaboración propia



3.8.2.5.5.2. Utilización

Para la utilización del personal, se puede observar en la Tabla 26 el porcentaje de tiempo que cada operaria ha estado ocupada realizando alguna actividad designada durante el periodo de simulación (19 horas).

3.8.2.5.5.3. Inventario promedio por cada cola

Lo que respecta al número de prendas promedio que permanecen en cada cola (mesa de trabajo), se puede observar en la Tabla 27 que las mesas de trabajo que registran el mayor número promedio de prendas por cola son la mesa2.Queue con 33 prendas promedio. Las demás mesas de trabajo registran un valor casi nulo de prendas promedio por mesa.

3.8.2.5.5.4. Tiempo promedio de permanencia por cola

Lo que respecta al tiempo promedio de permanencia por cada cola (mesa de trabajo), se puede observar en la Tabla 28 que la mesa de trabajo que registra el mayor tiempo promedio de permanencia es la mesa2.Queue con 101 minutos promedio. Las demás mesas de trabajo registran un valor bajo de tiempo promedio de permanencia.

Tabla 28: Tiempo promedio de permanencia por cola- Escenario 1

Fuente: Elaboración propia

Tiempo Promedio de permanencia por cola	Tiempo (min)	Tiempo Promedio de permanencia por cola	Tiempo (min)
Mesa2.queue	101.04	Mesa 14.queue	1.47
Mesa3.queue	0.56	Mesa15.queue	0.82
Mesa4.queue	0.77	Mesa16.queue	0.18

Mesa5.queue	0.11	Mesa17.queue	2.49
Mesa6.queue	0.27		
Mesa7.queue	0.14		
Mesa8.queue	0.88		
Mesa9.queue	0.16		
Mesa11.queue	2.84		
Mesa12.queue	1.08		
Mesa13.queue	1.72		

Tabla 26: Utilización de los recursos-Escenario 1

Fuente: Elaboración propia

Utilización de recursos	%
Operaria 1	
Operaria 2	
Operaria 3	
Operaria 4	
Operaria 5	
Operaria 6	
Operaria 7	
Operaria 8	
Operaria 9	
Operaria 10	
Operaria 11	
Operaria 12	
Operaria 13	
Operaria 14	

Tabla 27: Inventario promedio por cola – Escenario 1

Fuente: Elaboración propia

Inventario Promedio	Número de prendas
Mesa2.queue	32.71
Mesa3.queue	0.18
Mesa4.queue	0.25
Mesa5.queue	0.04
Mesa6.queue	0.09
Mesa7.queue	0.04
Mesa8.queue	0.28
Mesa9.queue	0.05
Mesa11.queue	0.92
Mesa12.queue	0.35
Mesa13.queue	0.55
Mesa 14.queue	0.47
Mesa15.queue	0.26
Mesa16.queue	0.06
Mesa17.queue	0.79

3.8.3 Paso # 7: Documentar e informar resultados

El paso número 7 se ha realizado mediante la comparación de escenarios.

3.8.3.1 Comparación de escenarios: Actual - Escenario 1

3.8.3.1.1 Número de prendas totalmente confeccionadas

**Tabla 29: Comparación de prendas confeccionadas: Actual - Escenario 1 Fuente:
Elaboración propia**

ESCENARIO ACTUAL			ESCENARIO 1				
Turnos de Trabajo	Horario	# De prendas promedio ensambladas por turno	Turnos de	Horario Trabajo	# De prendas promedio ensambladas por turno	Diferencia de prendas confeccionadas por turno	Aumento de prendas confeccionadas
1	8am a 1 pm	40	1	8am a 1 pm	55		
2	5am a 1pm	96	2	5am a 1pm	132	<u>36</u>	<u>38%</u>
3	5am a 1pm	96	3	5am a 1pm	131	<u>35</u>	<u>37%</u>
4	5am a 1pm	97	4	5am a 7am19min	44		
5	5am a 8am	39	TOTAL		362		
TOTAL		367	Tiempo necesario para confeccionar 362 prendas = 19 horas				
Tiempo necesario para confeccionar 367 prendas = 26.1 horas							

Como se puede ver en la Tabla 29 el aumento de 1 operaria genera que la línea de producción logre aumentar su capacidad de producción por turno en un 37 %. El tiempo necesario para confeccionar aproximadamente 367 prendas se reduce en un 27 % lo que equivale a 7.1 horas de diferencia.

3.8.3.1.2 Tiempo promedio de permanencia por cola

Tabla 30: Comparación tiempo promedio de permanencia por cola:

Actual - Escenario 1 Fuente: Elaboración propia

	ESCENARIO ACTUAL	ESCENARIO 1		
Tiempo Promedio de permanencia por cola	Tiempo (min)	Tiempo (min)	(min)	Diferencia Diferencia Porcentual
Mesa2.queue	94.77	101.04	+6.28	+6.6%
Mesa3.queue	0.58	0.56	-0.02	-3.6%
Mesa4.queue	0.77	0.77	0.00	0.0%
Mesa5.queue	0.13	0.11	-0.01	-7.7%
Mesa6.queue	0.27	0.27	0.00	0.0%
Mesa7.queue	0.14	0.14	0.00	0.0%
Mesa8.queue	0.97	0.88	-0.09	-9.2%
Mesa9.queue	0.20	0.16	-0.04	-19.5%
Mesa11.queue	2.86	2.84	-0.03	-0.9%
Mesa12.queue	1.17	1.08	-0.09	-8.0%
Mesa13.queue	1.72	1.72	0.00	0.0%
Mesa14.queue	1.48	1.47		-0.7%
Mesa15.queue	212.05	0.82	-0.01 -211.23	-99.6%
Mesa16.queue	0.09	0.18	+0.09	100.0%
Mesa17.queue	2.22	2.49	+0.27	+12.3%

Como se puede ver en la Tabla 30, el tiempo promedio de permanencia por cola de la mesa15.queue, la cual era el principal cuello de botella, se ha reducido en un 99.6 % con el aumento de 1 operaria, de 212.05 min a 0.82 min.

Como beneficio directo a la línea se ha incrementado el porcentaje de utilización por parte de las operarias 12 y 13 de un 42% y 57 % respectivamente se ha incrementado a un 57 % y 77 %.

3.8.3.1.3 Inventario promedio por cola

Tabla 31: Comparación inventario promedio por cola: Actual - Escenario 1

Fuente: Elaboración propia

	ESCENARIO ACTUAL	ESCENARIO 1		
Inventario Promedio por cola	Número de prendas	Número de prendas	Reducción (prendas)	Reducción Porcentual
Mesa2.queue	22.33	32.71	+10.38	+46.46%
Mesa3.queue	0.14	0.18	+0.04	+28.57%
Mesa4.queue	0.18	0.25	+0.07	+37.76%
Mesa5.queue	0.03	0.04	+0.01	+33.33%
Mesa6.queue	0.06	0.09	+0.02	+33.33%
Mesa7.queue	0.03	0.04	+0.01	+33.33%
Mesa8.queue	0.23	0.28	+0.06	+24.85%
Mesa9.queue	0.05	0.05	0.00	00.00%
Mesa11.queue	0.67	0.92	+0.24	+35.94%
Mesa12.queue	0.28	0.35	+0.07	+26.21%
Mesa13.queue	0.40	0.55	+0.15	+37.15%
Mesa14.queue	0.35	0.47	+0.12	+35.44%
Mesa15.queue	49.97	0.26	-49.70	-99.47%
Mesa16.queue	0.02	0.06	+0.04	+200.00%
Mesa17.queue	0.52	0.79	+0.27	+52.23%

Como se puede ver en la Tabla 31, el inventario promedio por cola de la mesa15.queue, la cual era el principal cuello de botella, se ha reducido en un 99.47 % con el aumento de 1 operaria, de 49.97 prendas a 0.26 prendas.

3.9. Resumen de la operacionalización de las variables del modelo conceptual

El resumen de la operacionalización de las variables identificadas y de sus correspondientes indicadores se muestra a continuación en la Tabla 32:

Tabla 32: Operacionalización de las variables del modelo

Fuente: Elaboración propia

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	INDICADORES
Variable independiente :Metodología basada en el uso de la simulación de sistemas(X)	El desarrollo de la metodología basada en el uso de la simulación de sistemas busca fortalecer permanentemente a las microempresas dedicadas al ensamble de prendas en el tema de obtener información confiable y precisa para la toma de decisiones al momento de planificar y programar cualquier orden de producción.	X1 = Facilidad de uso X2 = Confiabilidad X3 = Precisión
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	INDICADORES

Variable dependiente :La planificación y programación de órdenes de producción (Y)	Definimos a la planificación y programación de órdenes de producción como una operación clave en una organización o empresa la cual permite definir planes de trabajo relacionados al volumen a producir , inicio y fin de producción , operaciones a realizar , tipo y número de máquinas y cantidad de operarios	Y1 = Número de objetos que han salido del sistema por turno Y2 = Número de objetos que han salido del sistema por hora Y3 = Porcentaje de utilización de los recursos Y4 = Tiempo que le toma a la línea completar todo el pedido Y5 = Número de operarios Y6 =Tiempo promedio de permanencia por cola Y7 = Inventario promedio por cola
---	--	--

3.10. Plan muestral

La investigación ha definido una muestra de 9 microempresas mediante un muestreo no probabilístico del tipo intencional el cual consistió en elegir una muestra con unidades que parecen ser representativas de la población, en este caso la población de microempresas dedicadas a la confección de prendas las cuales poseen las siguientes características en común:

- ✓ Microempresas que trabajen con grandes empresas como talleres terceros.
- ✓ Microempresas que trabajen bajo un sistema de producción del tipo lineal.
- ✓ Microempresas que presenten una alta rotación de personal
- ✓ Microempresas que realicen el proceso de ensamble de polos.

El muestreo no probabilístico del tipo intencional se utilizó en la investigación debido a:

- La falta de información cuantitativa sobre la población total de microempresas dedicadas al ensamble de prendas en Arequipa.

- Limitación en el recurso económico y de personal.
- Dificil acceso a información cuantitativa confiable acerca del desempeño del personal y de la producción en las microempresas.

3.11 Limitaciones de la investigación

Las limitaciones o dificultades encontradas para realizar la investigación serian:

- El acceso a información histórica sobre pedidos anteriores ha sido difícil de obtener debido a que las microempresa no tiene una base de datos digitalizada.
- Debido a que la forma actual de trabajo de la microempresa es desordenada, se hizo difícil la creación de un modelo conceptual.
- La microempresa no cuenta con registros históricos de mantenimiento y registros de fallas de la maquinaria.

CAPITULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Con el desarrollo de la metodología basada en el uso de la simulación por ordenador se logró recopilar información del comportamiento real de la línea de ensamble mediante los acumuladores estadísticos que genera SimQuick. A partir de la información obtenida se procede a programar el pedido planificado de ensamblar 367 polos cuello camisa color listado utilizando 13 operarios de acuerdo a la configuración física y de personal con la que trabaja la línea. La Tabla 33 presenta la planificación y programación generada con los datos obtenidos de los acumuladores estadísticos de SimQuick.

La Tabla 33 muestra que para lograr producir 367 polos cuello camisa de color listado es necesario 26.1 horas de trabajo distribuidos en 5 turnos de trabajo iniciando a las 8am del primer día y finalizando aproximadamente a las 8am del quinto día, tomando en cuenta variables como el estado actual de la línea de producción en relación a número de operarios, distribución del personal y maquinaria y el tiempo real que invierte cada operaria en realizar las operaciones asignadas. La información presenta como se distribuye la producción por intervalos de tiempo, lo cual ayuda a realizar un mejor

seguimiento del pedido para poder evitar pago de penalidades por retrasos en la fecha de entrega y pago de horas extras.

- El objetivo general de la investigación plantea lograr planificar y programar la producción de un pedido de manera confiable, esa confiabilidad se logró mediante la validación del modelo de simulación programado, la investigación valido el modelo del sistema a simular mediante Prueba de hipótesis o contraste de medias con datos reales del sistema los cuales se presentan en la Tabla 20 la cual resume la validación del modelo de simulación.

Tabla 33: Planificación y programación utilizando simulación

Fuente: Acumuladores estadísticos–Software Simquick

Cantidad de prendas	367	unidades
# De Operarios :	13	operarias
Tiempo de producción total	26.1	horas
HORARIO	# De prendas ensambladas por intervalo de tiempo	# De prendas totales promedio acumulado
8AM - 9AM	0	0
9AM - 9:35 AM	4	4
10:20 AM - 11 AM	9	13
11 AM - 12 PM	14	27
12 PM - 1 PM	13	39
5AM -6 AM	14	53
6AM - 7AM	13	66
7AM - 8AM	13	79
8AM - 9AM	13	93
9AM - 9:35 AM	7	100
10:20 AM - 11 AM	9	109
11 AM - 12 PM	14	123
12 PM - 1 PM	13	136
5AM -6 AM	13	149
6AM - 7AM	13	162

7AM - 8AM	14	176
8AM - 9AM	12	188
9AM - 9:35 AM	8	196
10:20 AM - 11 AM	9	205
11 AM - 12 PM	14	219
12 PM - 1 PM	13	231
5AM -6 AM	13	244
6AM - 7AM	14	258
7AM - 8AM	13	271
8AM - 9AM	14	284
9AM - 9:35 AM	7	292
10:20 AM - 11 AM	9	301
11 AM - 12 PM	13	314
12 PM - 1 PM	13	327
5AM -6 AM	13	340
6AM - 7AM	14	354
7AM - 8AM	13	367

- Con la información obtenida de los acumuladores estadísticos de Simquick, se pudo determinar que el principal cuello de botella de la línea de producción se encuentra en la mesa15.queue (cola) que en promedio mantenía 50 prendas en cola con un tiempo promedio de permanencia por prenda de 212 min; esta información se presentó anteriormente en el punto 3.8.2.3 Inventario promedio por cada cola y 3.8.2.4 Tiempo promedio de permanencia por cola.

Expuesta la situación del cuello de botella, el dueño de la línea podría utilizar el modelo de simulación obtenido de la aplicación de la metodología desarrollada para realizar experimentos y poder obtener información confiable y objetiva para tomar mejores decisiones por ejemplo si se decidiera contratar una nueva operaria y habilitar un nuevo puesto de trabajo en paralelo que se encargue de realizar las mismas actividades que la operaria 11 para ayudar a reducir el cuello de botella.

Realizados los cambios en el modelo de simulación, en la Tabla 34 se presenta la información obtenida de los acumuladores estadísticos acerca de planificar

el ensamble de 366 prendas utilizando 14 operarios de acuerdo a la configuración física y de personal propuesta por el dueño.

La Tabla 34 muestra que para lograr producir 366 polos cuello camisa de color listado es necesario 19 horas de trabajo distribuidos en 4 turnos de trabajo iniciando a las 8am del primer día y finalizando aproximadamente a las 7am con 20 min del cuarto día, tomando en cuenta el estado actual de la línea de producción en relación a que se incrementó una operaria.

- Con la información obtenida utilizando la metodología de simulación para planificar y programar el ensamble del pedido se lograría evitar la práctica de experimentación directa con el sistema además de tener información confiable para evitar el pago de penalidades por retrasos en la fecha de entrega y pago de horas extras.

Tabla 34: Planificación y programación con el aumento de una operaria

Fuente: Acumuladores estadísticos–Software SimQuick

Cantidad de prendas :	366	unidades
# De Operarios :	14	operarias
tiempo de producción total	19	horas
HORARIO	# De prendas promedio ensambladas por intervalo de tiempo	# De prendas totales promedio acumulado
8AM - 9AM	0	0
9AM - 9:35 AM	6	6
10:20 AM - 11 AM	11	18
11 AM - 12 PM	18	35
12 PM - 1 PM	19	55
5AM -6 AM	19	74
6AM - 7AM	18	91
7AM - 8AM	17	109
8AM - 9AM	19	128

9AM - 9:35 AM	8	136
10:20 AM - 11 AM	13	149
11 AM - 12 PM	18	168
12 PM - 1 PM	19	187
5AM - 6 AM	18	205
6AM - 7AM	18	223
7AM - 8AM	18	241
8AM - 9AM	21	262
9AM - 9:35 AM	10	272
10:20 AM - 11 AM	12	285
11 AM - 12 PM	19	304
12 PM - 1 PM	15	319
5AM - 6 AM	18	337
6AM - 7AM	21	358
7AM - 7AM19MIN	8	366

- En resumen Las características de uso por parte de SimQuick en procesos de manufactura (procesos de flujo lineal, procesos de ensamble y desmontaje, calidad y fiabilidad en los procesos) junto a las ventajas y limitaciones que presenta en comparación a software de alto nivel; presenta a Simquick como una buena opción para iniciar procesos de simulación en micro empresas dedicadas al ensamble de polos de forma económica, fácil técnicamente en uso y accesible tecnológicamente.

4.1 Análisis económico

4.1.1 Análisis económico de la unidad de análisis

Se llevará a cabo un análisis económico que demuestre cuánto dinero la microempresa ahorraría en pagos de penalidad por retrasos en la entrega del pedido si realizaría la planificación y programación de un pedido de 367 polos

tipo cuello camisa de color listado mediante la metodología desarrollada basada en el uso de la simulación por ordenador .

Aplicando el método actual mediante la aplicación de una fórmula utilizada por la microempresa para la planificar y programar la confección de un pedido de 367 polos tipo cuello camisa de color listado, se obtendría los siguientes resultados:

Datos:

Número de operarios: 13

Tiempo por turno disponible por operario: 7.25 horas= 435 min

Eficacia: 70 % (definida por el dueño)

Tiempo estándar de confección por prenda: 33 min

# de prendas a producir por turno	(# de operarios * tiempo disponible por operario(min)) * eficacia
=	tiempo estándar de confección por prenda(min)

Número de prendas a producir por turno = 120 prendas

Por lo tanto luego de realizar el cálculo, resulta que 120 prendas son confeccionadas por turno de trabajo y le tomara a la línea 21.75 horas (3 turnos de trabajo completos) en realizar todo el pedido.

Aplicando la metodología basada en el uso de la simulación por ordenador, resulta que 96 prendas en promedio son confeccionadas por turno de trabajo, y le tomara a la línea 26.1 horas en terminar todo el pedido, además se establece el flujo de prendas por hora que la línea tendría que confeccionar presentado anteriormente en la Tabla 29.

La microempresa ha calculado mediante su método actual que necesita 21.75 horas para confeccionar un pedido de 367 polos cuello camisa color listado. Aplicando la metodología basada en la simulación de sistemas se estima que se necesita realmente 26.1 horas. Por lo tanto si la microempresa planifica la orden de producción utilizando su método actual tendría un atraso de 4.35 horas, como se puede apreciar en la Tabla 35, lo que equivale a 1 día de retraso y por

consiguiente el pago de una penalidad por retraso en la entrega. Si la microempresa planificara la orden de producción utilizando la metodología propuesta por la investigación evitaría el pago de 1 día de retraso ya que contaría con información confiable y objetiva sobre el tiempo necesario para el ensamble de la orden de producción.

Por los resultados presentados anteriormente el pedido necesitaría de 26.1 horas para ser totalmente terminado pero la línea ha estimado que se necesita solo 21.75 horas, por lo tanto el pedido se atrasaría un día en su entrega total lo cual generaría un pago por penalidad de retraso el cual se resumen en la Tabla 36.

Tabla 35: Comparación entre el método actual y la metodología propuesta por la investigación

Fuente: Elaboración propia

	TIPO DE MÉTODO UTILIZADO		Diferencia de horas
	Método Actual Utilizado por la Microempresa	Utilizando la Simulación de Sistemas	
Tiempo de ensamble para un pedido de 367 polos cuello camisa color listado	21.75 horas	26.1 horas	4.35 horas

Tabla 36: Resumen costo total generado por penalidades debido al incumplimiento de la fecha de entrega

Fuente: Elaboración propia

INGRESO ESTIMADO POR LA CONFECCIÓN	
NÚMERO DE PRENDAS ENSAMBLADAS =	367
TIEMPO TOTAL QUE DEMORA EN ENSAMBLAR UNA PRENDA (min) =	33
PRECIO POR MINUTO DE ENSAMBLE (PAGADO POR EL CLIENTE) = S/.	0.27
INGRESO (367 prendas x 33 min /prenda x 0.268 soles/min) = S/.	3,246

PENALIDAD POR DIA DE RETRASO ES DEL 7% DEL INGRESO		
PENALIDAD POR 1 DIA DE RETRASO =	S/.	227.20
INGRESO - PENALIDAD =	S/.	3,019
INGRESO FINAL DE LA LINEA POR LA CONFECCIÓN =	S/.	3,019

Por lo tanto la línea perdería S/ 227.20 del ingreso total por la confección de 367 prendas debido a que la línea estimo solo 21.75 horas (3 turnos de trabajo) para realizar el ensamble de 367 prendas, el dueño de la microempresa tiene que recurrir a horas extras para poder terminar el pedido lo antes posible.

La microempresa solo logro ensamblar 303 prendas de un total de 367 en 21.75 horas. La Tabla 37 muestra la cantidad y ubicación en la línea de las prendas que aún faltan terminar de ensamblar:

Tabla 37: Prendas en cola que aún faltan terminar de ensamblar

Fuente: Acumuladores estadísticos–Software Simquick

Cola- # de Operario	# De prendas en cola que faltan Ensamblar
INVENTARIO INICIAL DE PRENDAS.queue Operaria 1	0
MESA 2.queue-Operaria 2	0
MESA 3.queue -Operaria 3	0
MESA 4.queue -Operaria 3	0
MESA 5.queue -Operaria 4	0
MESA 6.queue -Operaria 4	0
MESA 7.queue -Operaria 4	0

MESA 8.queue -Operaria 5	0
MESA 9.queue -Operaria 6 y 7	0
MESA 11.queue -Operaria 8	0
MESA 12.queue -Operaria 9	0
MESA 13.queue -Operaria 10	0
MESA 14.queue -Operaria 7	0
MESA 15.queue -Operaria 11	62
MESA 16.queue -Operaria 12	0
MESA 17.queue -Operaria 13	0

INVENTARIO FINAL DE

PRENDAS.queue

303

Como se puede observar en la Tabla 37 en la mesa15.queue se han quedado 62 prendas que aún faltan terminar de ensamblar; por lo que es necesario utilizar horas extras de las operarias 11,12 y 13 para completar el pedido. La Tabla 38 presenta la cantidad de tiempo que cada operaria invierte para poder terminar el ensamble de las 62 prendas:

Tabla 38: Prendas ensambladas en horas extras

Fuente: Acumuladores estadísticos–Software Simquick

Tiempo (horas)	# De Prendas Ensambladas Acumulado		
	Operaria 11	Operaria 12	Operaria 13
0	0	0	0
0.5	7	16	10

1	14	33	21
1.5	20	49	31
2	27	62	43
2.5	34		54
3	40		62
3.5	46		
4	53		
4.5	62		

La Tabla 38 muestra que se necesitan 5 horas de trabajo de la operaria 11, 2 horas de trabajo de la operaria 12 y 3 horas de trabajo de la operaria 13 para poder terminar de ensamblar las 62 prendas faltantes.

En la Tabla 39 se presentan los costos incurridos por horas extras que la microempresa tendría que pagar para poder terminar de ensamblar las 62 prendas faltantes. La Tabla 40 presenta en resumen todos los costos generados y el ingreso final que la línea obtendría.

Tabla 39: Resumen costo total generado por horas extras

Fuente: Elaboración propia

NÚMERO DE PRENDAS ENSAMBLADAS =		62
COSTO - HORA EXTRA POR OPERARIO (PAGADO POR EL EMPLEADOR) = S/.		6.00
CANTIDAD DE HORAS EXTRAS UTILIZADAS POR OPERARIA :		
OPERARIA 11		5 horas
OPERARIA 12		2 horas
OPERARIA 13	<u>3 horas</u>	TOTAL DE HORAS 10 horas
6 soles /hora-operario * 10 horas-operario =		S/. 60.00
COSTO TOTAL POR HORAS EXTRA =		S/. 60.00

Tabla 40: Resumen del Ingreso Final y Costos Totales Fuente:

Elaboración Propia

INGRESO ESTIMADOS POR LA CONFECCIÓN		
NÚMERO DE PRENDAS ENSAMBLADAS=		367
TIEMPO TOTAL PARA ENSAMBLAR UNA PRENDA (min)		33
PRECIO POR MINUTO DE ENSAMBLE (PAGADO POR EL CLIENTE)	S/.	0.27
INGRESO(367 prendas x 33 min /prenda x 0.268 soles/min) =	S/.	3,246
INGRESO TOTAL POR EL ENSAMBLE	S/.	3,246
COSTOS ADICIONALES GENERADOS POR PAGO DE PENALIDAD		
PENALIDAD POR DIA DE RETRASO ES DEL 7% DEL INGRESO		
COSTO POR PENALIDAD DE 1 DIA DE RETRASO =	S/.	227.20
COSTOS ADICIONALES GENERADOS POR USO DE HORAS EXTRAS		
NÚMERO DE PRENDAS ENSAMBLADAS =		62
COSTO - HORA EXTRA POR OPERARIO (PAGADO POR EL EMPLEADOR) S/.		6.00
CANTIDAD DE HORAS EXTRAS UTILIZADAS POR OPERARIA :		
OPERARIA 11		5 horas
OPERARIA 12		2 horas
OPERARIA 13		3 horas
TOTAL DE HORAS		10 horas
6 soles /hora-operario * 10 horas-operario =	S/.	60.00
COSTO POR HORAS EXTRA =	S/.	60.00
COSTO POR PENALIDAD + COSTO POR HORAS EXTRA=		
	S/.	287
INGRESO TOTAL - COSTOS ADICIONALES TOTALES		
	S/.	2,959
INGRESO FINAL POR LA CONFECCIÓN =		
	S/.	2,959

Por lo tanto la microempresa finalmente obtendría un ingreso de S/.2959 Por la confección de 367 prendas y habría incurrido en una pérdida de S/ 287 en pagos por penalidades y uso de horas extras.

4.1.2 Análisis costo – beneficio de la propuesta

La investigación ha desarrollado una metodología basada en el uso de la simulación por ordenador dirigido al sector micro empresarial dedicado al ensamble de prendas que trabaja bajo un sistema de producción lineal. Si las microempresas decidieran utilizar la metodología desarrollada; la inversión que

tendrían que realizar sería de 2000 soles; esta cantidad de dinero se ha establecido de manera particular por la investigación e investigador.

Como se ha mostrado anteriormente los costos adicionales que la microempresa ha generado durante el año 2016 debido al inconveniente para determinar de forma precisa y real el tiempo que le toma ensamblar una orden de producción con los métodos actuales utilizados se encuentran entre un punto mínimo de 927 S/. hasta un punto máximo de 5771 S/. Como se puede observar en la Figura 23 presentada anteriormente.

Por lo tanto si la microempresa decidiera invertir 2000 S/. para poner en práctica la metodología desarrollada lograrían eliminar o reducir en gran medida estos gastos innecesarios los cuales son mayores en algunos meses a la inversión realizada de 2000 S/. Además como se ha demostrado en el análisis realizado anteriormente en el punto 4.1.1 Análisis económico de la unidad de análisis, se lograría dejar de incurrir en gastos adicionales por un monto de 287 S/ para una orden de producción en particular aplicando la metodología desarrollada. Por lo tanto aplicando la metodología a una sola orden de producción en particular ya se podría recuperar el 14.35% de la inversión realizada inicialmente de 2000 S/.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este capítulo de conclusiones y recomendaciones tiene como objetivo dar respuesta a los objetivos e hipótesis planteadas, así como recomendaciones para futuras investigaciones.

5.1 CONCLUSIONES:

- Del análisis económico se concluye que con la aplicación de la metodología basada en el uso de la simulación de sistemas desarrollada por la investigación se lograra reducir o eliminar gastos generados por pago de

penalidades por retraso en la fecha de entrega y el uso de horas extras; la investigación muestra que si se utilizaría la metodología propuesta para planificar y programar una orden de producción de 367 polos cuello camisa de color listado se lograra ahorrar S/.287; los cuales son generados por pago de penalidad por retraso en la fecha de entrega y el uso de horas extras cuando se utilizan los métodos utilizados por la microempresa actualmente para la planificación y programación de la orden de producción.

- Se concluye que aplicando la metodología desarrollada se lograra obtener información confiable y precisa para lograr planificar y programar una orden de producción; la investigación muestra el indicador número de prendas que la línea produciría por hora desde que inicia hasta que termina el proceso de ensamble de la última prenda, dicha información se presenta en la Tabla 33.
- Se concluye que la microempresa mediante el uso de la metodología desarrollada podrá experimentar con diversos escenarios o cambios en la distribución de personal o de actividades sin tener que utilizar la experimentación directa; en la investigación se experimenta con adicionar una operaria que ayude a reducir el cuello de botella principal. Se presenta como la línea se comportaría por medio del indicador número de prendas que la línea produciría por hora desde que inicia hasta que termina el proceso de ensamble de la última prenda, dicha información se presenta en la Tabla 34.
- Se concluye que utilizando la metodología se podrá realizar comparaciones entre escenarios por medio de diversos indicadores como número de prendas ensambladas por turno y hora, porcentaje de utilización de los recursos, tiempo que le toma a la línea completar una orden de producción, inventario promedio por cola y tiempo promedio de permanencia por cola.
- Se concluye que el Paquete de simulación SimQuick utilizado en la investigación posee herramientas adecuadas para poder generar modelos de simulación que logren representar el proceso de ensamble de prendas y el tipo de sistema de producción lineal con el cual las microempresas trabajan.

5.2. RECOMENDACIONES:

- Las microempresas deberían invertir en la implementación de la metodología desarrollada en sus propias líneas de ensamble debido a los beneficios que obtendrían principalmente en la reducción de costos generados por pagos de penalidades por retrasos en la fecha de entrega y uso de horas extras.
- Se debería utilizar la presente investigación en trabajos futuros dirigidos al sector micro empresarial ya que la metodología desarrollada permite analizar de forma total la situación productiva de la microempresa.
- La microempresa debería buscar formas de mejorar sus procesos y con la ayuda de la metodología desarrollada se lograría obtener información de cómo su sistema de ensamble se comportaría bajo esta situación de mejora de procesos.
- Deberá brindársele importancia al manejo de la información de las fallas que presenten las máquinas con la finalidad de generar estadísticas que sirvan de base para la toma de decisiones ; de tal manera que manteniendo registros confiables, la estadística servirá como punto de inicio para incorporar una filosofía de mejora continua y un modelo conceptual más preciso.
- Cada microempresa debe evaluar la aplicación de la metodología desarrollada; ya que la simulación es una técnica que se utiliza para resolver problemas complejos los cuales no pueden ser solucionados por métodos convencionales; por eso antes de decidir si utilizar o no la metodología debe hacerse un análisis económico B/C.

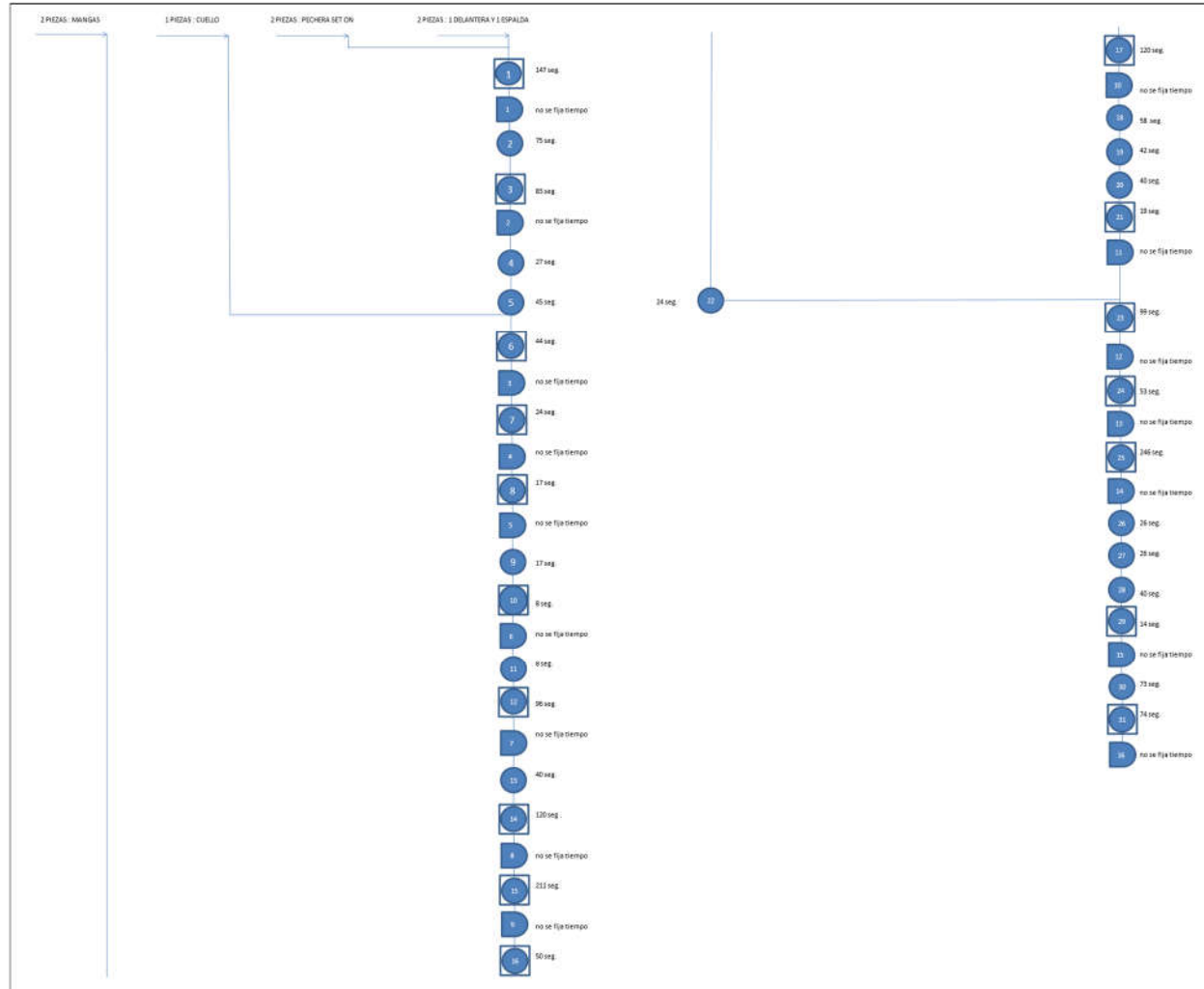
REFERENCIAS:

- Banks, J., Carson II, J., Nelson, B., & Nicol, D. (2010). Discrete-Event System Simulation. United States of America: Pearson education.
- Barragán, R., Salman, T., Ayllón, V., Córdova, J., Langer, E., Sanjinés, J., y otros. (2003). Guía para la Formulación y Ejecución de Proyectos de Investigación. La Paz: Fundacion Pieb.
- Bueno Sánchez, E. (Diciembre de 2003). La Investigación Científica: Teoría y Metodología. La Investigación Científica: Teoría y Metodología. Zacatecas, México: Universidad Autónoma de Zacatecas.
- Carvallo Munar, E. G. (2014). Propuesta de Aplicación de Conceptos de Manufactura Esbelta a una Línea de Producción de Costura de una Empresa de Confecciones de tejido de punto de exportación. Sinergia e Innovación, 52-90.
- Díaz, B., Jarufe, B., & Noriega, M. T. (2007). Disposición de Planta. Lima: Universidad de Lima.
- Hartvigsen, D. (2004). SimQuick Process Simulation with Excel Second Edition. Notre Dame: Prentice Hall.

- Kelton, D., Sadowski, R., & Sturrock, D. (2008). Simulación con Software Arena. México, D.F.: MC GRAW HILL.
- Law, A. (2000). Simulation Modeling and Analysis. United State: McGraw Hill Higher Education.
- Pérez, V., Rodríguez, c., Ingar, B., Court, E., & Pánez, M. (2010). Reporte Financiero Bunkenroad Perú -Sector Textil del Perú. Lima: CENTRUM - Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Ríos Insúa, D., Ríos Insúa, S., Martín Jiménez, J., & Jiménez Martín, A. (2009). Simulación, Métodos y aplicaciones Segunda Edición. México: Alfaomega Grupo Editor.
- Ríos Santi, R. V. (2015). Propuesta de Optimización del Servicio de Atención al Cliente en el Centro de Salud Melitón Salas Aplicando un Modelo de Simulación. Arequipa, Perú: Universidad Católica de Santa María.
- Sánchez Asparrin, Y. S. (2014). Optimización del Cálculo de Recursos Productivos para Cotización en una Empresa de Confecciones. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Torres Vega, P. (2010). Simulación de Sistemas con el Software Arena. Lima: Universidad de Lima.
- Torres, S. G. (2005). Implementación de un Sistema de Producción Modular para una Empresa de Confecciones de Prendas de Vestir. Lima, Lima, Perú: Universidad Mayor de San Marcos.
- Urquía Moraleda, A., & Martin Villalba, c. (2013). Modelado y Simulación de Eventos Discretos. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.

ANEXOS

ANEXO 1 : DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO (DOP)



ANEXO 1 :DETALLA DEL DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO :

OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	TIEMPO PROMEDIO (seg)
OPERACIÓN 1	Tomar prendas y Pegar pechera SET ON listado	147
INSPECCION 1	Verificar correcto pegado de pechera SET ON listado	
ALMACENAMIENTO 1	Colocar prenda en mesa temporal	no se fija tiempo
OPERACIÓN 2	Tomar prenda , acomodarla y marcar para embolsar	75
OPERACIÓN 3	Embolsar pechera superior SET ON base	83
INSPECCION 2	Verificar correcto embolsado de pechera superior SET ON	
ALMACENAMIENTO 2	Colocar prenda en mesa temporal	no se fija tiempo
OPERACIÓN 4	Tomar prenda e igualar hombros con tijera	27
OPERACIÓN 5	Recortar abertura de pechera ,piquetear ,recortar pechera superior SET ON y voltear	45
OPERACIÓN 6	Embolsar puntas de cuello	44
INSPECCION 3	Verificar correcta embolse de puntas de cuello	
ALMACENAMIENTO 3	Colocar prenda en mesa temporal	no se fija tiempo
OPERACIÓN 7	Unir hombros con tira listado lado 1 + lado 2	24
INSPECCION 4	Verificar correcta union de hombros con tira listado	
ALMACENAMIENTO 4	Colocar prenda en mesa temporal	no se fija tiempo
OPERACIÓN 8	Tomar prenda y pespuntar hombros con cadeneta - 1 (D)	17
INSPECCION 5	Verificar correcto Pespunte hombros c/cad-1(D)	
ALMACENAMIENTO 5	Colocar prenda en mesa temporal	no se fija tiempo
OPERACIÓN 9	Tomar prenda y Pespuntar hombros con cadeneta especial	17
OPERACIÓN 10	Recorte de pespunte de cadeneta especial	8
INSPECCION 6	Verificar correcto Pespunte hombros con cadeneta especial	

ALMACENAMIENTO 6	Colocar prenda en mesa temporal	no se fija tiempo
OPERACIÓN 11	Tomar prenda y marcar centro de cuello	8
OPERACIÓN 12	Pegar cuello box con cinta	96
INSPECCION 7	Verificar correcto Pegado de cuello box con cinta	

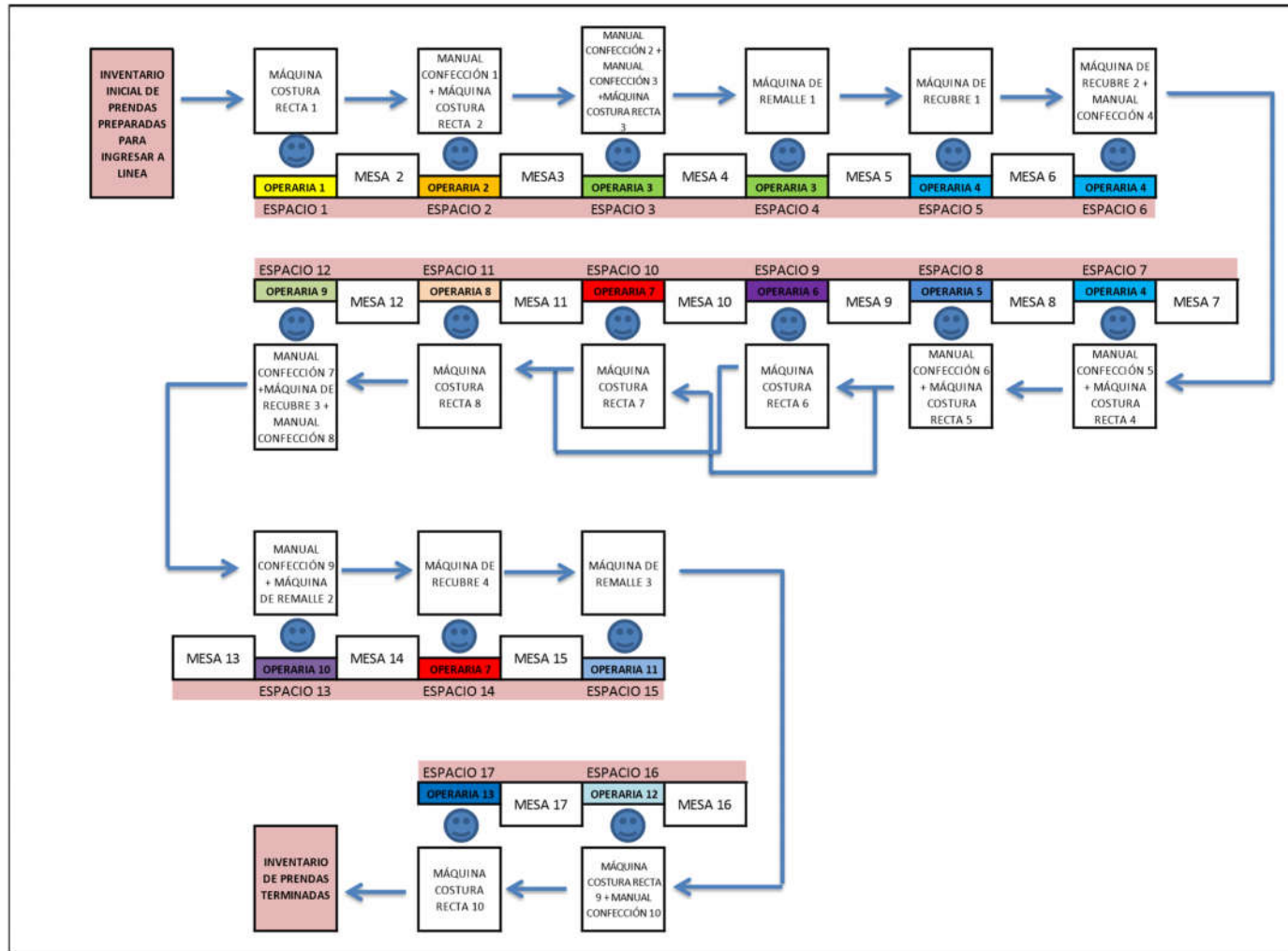
122

ALMACENAMIENTO 7	Colocar prenda en mesa temporal	no se fija tiempo
OPERACIÓN 13	Tomar prenda ,recortar cinta de cuello y marcar para etiqueta	40
OPERACIÓN 14	Asentar cinta cuello box con 2 etiquetas	120
INSPECCION 8	Verificar correcto asentado de cinta cuello box con 2 etiquetas	
ALMACENAMIENTO 8	Colocar prenda en mesa temporal	no se fija tiempo
OPERACIÓN 15	Tomar prenda , Preparar ,asentar y respuntar pechera SET ON	211
INSPECCION 9	Verificar correcto asentado y respunte de pechera SET ON	
ALMACENAMIENTO 9	Colocar prenda en mesa temporal	no se fija tiempo
OPERACIÓN 16	tomar prenda ,atracar pechera listado interior y recortar	50
INSPECCION 10	Verificar correcto atraque de pechera listado interior	
OPERACIÓN 17	Atracar pechera rectangular SET ON	120
INSPECCION 11	Verificar correcto atraque de pechera rectangular SET ON	
ALMACENAMIENTO 10	Colocar prenda en mesa temporal	no se fija tiempo
OPERACIÓN 18	Tomar prenda , preparar y marcar recubre de basta faldon	58
OPERACIÓN 19	Recubrir basta faldon AB. Long Tail 1	42
OPERACIÓN 20	Recubrir basta faldon AB. Long Tail 2	40
OPERACIÓN 21	Recortar basta faldon	19
INSPECCION 12	Verificar correcto recubre y recorte de basta faldon	

141

ALMACENAMIENTO 11	Colocar prenda en mesa temporal	no se fija tiempo
OPERACIÓN 22	Preparar mangas para el pegado	24
OPERACIÓN 23	Tomar prenda y pegar mangas corta listado fino	99
INSPECCION 13	Verificar correcto pegado de mangas	
ALMACENAMIENTO 12	Colocar prenda en mesa temporal	no se fija tiempo
OPERACIÓN 24	Tomar prenda y recubrir sisa manga corta	53
INSPECCION 14	Verificar correcto recubre de sisas manga corta	
ALMACENAMIENTO 13	Colocar prenda en mesa temporal	no se fija tiempo
OPERACIÓN 25	Tomar prenda y Cerrar costados manga corta listado fino long tail	246
INSPECCION 15	Verificar correcto cerrado de costados manga corta listado long tail	
ALMACENAMIENTO 14	Colocar prenda en mesa temporal	no se fija tiempo
OPERACIÓN 26	Tomar prenda , Fijar costados y piquetear	26
OPERACIÓN 27	Formar pinza parte 1	26
OPERACIÓN 28	Formar pinza parte 2	40
OPERACIÓN 29	Cortar bordes y sobrantes	14
INSPECCION 16	Verificar correcto fijado de costados ,piqueteado y formado de pinza	
ALMACENAMIENTO 15	Colocar prenda en mesa temporal	no se fija tiempo
OPERACIÓN 30	Tomar prenda y atracar abertura preparada 1	73
OPERACIÓN 31	Tomar prenda y atracar abertura preparada 2	74
INSPECCION 17	Verificar correcto atraque de aberturas preparadas	
ALMACENAMIENTO 16	Colocar prenda en mesa temporal	no se fija tiempo

ANEXO 2 :DIAGRAMA DE RECORRIDO LÍNEA DE ENSAMBLE



ANEXO 3: TOMA DE TIEMPOS

OPERACIÓN # 1									
Tomar prenda + Pegar pechera listado + Revisar pegado de pe									
Base de Tiempo : Segundos									
Operaria : Carolina Aragón									
# de mediciones : 100									
Máquina utilizada : Costura Re									
125	115	139	128	131	159	125			
164	166	136	146	162	144	194			
168	178	129	122	126	184	146			
138	106	147	160	153	160	183			
210	116	152	136	130	150	137			
164	140	146	102	179	115	158			
128	128	187	105	188	191	134			
176	172	131	141	125	146	131			
124	136	184	124	116	136	124			
151	149	122	145	200	132	186			

OPERACIÓN # 2									
Tomar prenda + Acomodar prenda y pechera + Marcar para embolsar									
Base de Tiempo : Segundos									
Operaria : Veranda Taza									
# de mediciones : 100									
Máquina utilizada : Ninguna									
114	106	56	36	92	136	127	36	127	69
20	71	48	128	31	92	80	90	78	83
107	149	38	40	123	131	76	60	185	91
45	97	76	60	124	135	145	127	136	134
30	157	63	100	55	39	119	132	41	89
109	61	98	63	37	19	98	95	90	136
131	100	68	128	101	36	98	100	110	88
65	36	68	93	45	56	73	125	61	59
36	79	128	46	73	42	40	60	56	72
85	63	49	77	130	44	74	69	230	74

OPERACIÓN # 3									
Embolsar pechera superior SET ON base + Revisar embolse de pechera									
Base de Tiempo : Segundos									
Operaria : Veranda Taza									
# de mediciones : 100									
Máquina utilizada : Costura Recta									
8	9	5	7	9	7	7	9	5	7
3	8	7	4	1	4	8	8	6	8
8	8	6	1	6	8	9	7	9	9
5	3	6	6	2	0	2	8	1	5
			3						

OPERACIÓN # 4									
Igualar hombros con tijera									
Base de Tiempo : Segundos									
Operaria : Jesssica Yucra									
# de mediciones : 100									
Máquina utilizada : Ninguna									
21	28	23	24	20	27	20	38	38	35
35	34	26	26	16	30	29	25	35	27
36	34	27	20	18	15	27	28	17	23
29	26	15	35	32	37	28	31	28	28

9	4	8	8	1	1	6	5	6	7
4	4	5	2	0	0	5	3	2	1
				1	3				
8	9	5	8	9	7	1	1	7	1
2	4	4	5	0	7	0	0	4	1
						5	9		9
4	8	9	9	7	1	1	1	8	7
9	4	6	7	2	1	4	0	9	0
					6	0	2		
5	1	5	7	1	6	1	9	5	1
9	1	7	1	0	8	1	0	8	2
	0			4		5			1
7	4	6	9	9	1	1	5	1	1
8	7	4	3	8	1	1	8	0	3
					7	9		1	6
1	7	9	1	7	1	6	1	8	8
0	1	8	1	8	4	9	0	9	1
9			2		3		0		
2	4	9	8	7	9	1	7	9	9
1	3	0	2	6	5	2	4	5	5
						0			
9	8	7	5	4	7	1	1	1	6
6	5	3	2	5	5	1	0	0	9
						3	4	2	

OPERACIÓN # 5

Recortar abertura de
pechera + Piquetear +
Recortar pechera
superior SET ON +
Voltar prenda

Base de Tiempo :
Segundos

Operaria : Jesssica Yucra

de mediciones : 100

35	32	21	26	29	32	30	32	25	25
26	40	31	37	20	30	30	35	39	30
28	23	22	26	32	34	24	25	20	25
24	31	27	21	25	23	29	36	28	27
33	21	32	27	30	18	23	14	23	23
27	28	16	33	33	32	25	34	26	27

OPERACIÓN # 6

Embolsar puntas de cuello + Revisar embolse de puntas
de cuello

Base de Tiempo : Segundos

Operaria : Jesssica Yucra

de mediciones : 100

Máquina utilizada : Ninguna									
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
1	4	2	2	7	7	4	2	0	2
5	4	5	3	3	4	4	5	4	4
9	5	4	8	9	4	2	4	7	7
4	4	5	4	4	5	5	4	4	4
8	5	0	4	1	1	0	4	6	7
4	3	4	4	4	4	4	4	4	4
2	9	5	3	6	4	5	6	3	4
4	4	4	4	4	5	4	3	4	3
4	8	5	4	9	7	2	9	6	7
5	4	4	4	4	4	4	3	4	4
3	7	4	7	0	8	5	9	4	8
3	5	4	3	5	4	4	4	4	5
8	5	9	6	0	3	9	8	9	1
4	5	4	5	4	5	3	4	5	4
7	1	6	2	4	1	6	8	1	6
5	3	5	4	4	4	3	4	4	4
0	8	0	6	6	6	6	1	2	7
5	5	4	4	4	4	4	4	4	4
0	4	9	1	2	1	9	4	6	6

Máquina utilizada : Costura Recta									
40	40	35	34	36	44	55	44	52	43
45	57	45	40	44	54	44	43	44	46
47	32	47	26	54	43	48	27	36	44
36	49	49	41	50	45	46	46	52	36
48	50	54	34	52	34	36	35	46	48
53	53	51	46	43	43	50	45	41	37
44	38	46	43	39	36	21	43	48	44
42	63	42	29	42	45	46	46	52	40
39	44	39	46	39	39	39	46	37	39
40	45	39	45	47	46	49	37	41	49

OPERACIÓN # 7
Unir hombros listado con tira
Base de Tiempo : Segundos
Operaria : Jesssica Yucra
de mediciones : 100
Máquina utilizada : Remalladora

OPERACIÓN # 8
Pespuntar hombros con cadeneta
Base de Tiempo : Segundos
Operaria : Mathilde Cusi
de mediciones : 100
Máquina utilizada : Recubridora

2	2	2	2	2	2	2
5	3	1	3	3	3	4
2	2	2	2	2	2	2
4	3	5	3	5	3	7
2	2	2	2	2	2	2
5	5	5	4	4	3	5
2	2	2	2	2	2	2
5	4	4	4	3	4	2
2	2	2	2	2	2	2
6	5	5	4	4	4	5
2	2	2	2	2	2	2
4	6	2	4	5	4	5
2	2	2	2	2	2	2
2	4	4	4	4	4	5
2	2	2	2	2	2	2
5	5	4	3	5	4	4
2	2	2	2	2	2	2
4	4	4	5	4	5	6
2	2	2	2	2	2	2
5	5	5	4	4	6	6

18	14	18	14	22	17	15	17	16
19	16	13	17	15	23	15	19	18
16	19	14	17	17	18	17	16	16
14	18	16	21	14	13	20	16	15
18	16	20	17	20	16	19	17	18
18	19	17	18	15	19	16	19	12
21	15	17	15	20	18	16	14	17
14	17	18	19	17	17	13	17	15
18	19	14	14	16	15	15	20	19
19	17	20	18	15	12	19	20	16

OPERACIÓN # 9									
Pespuntar hombros con cadeneta especial									
Base de Tiempo : Segundos									
Operaria : Mathilde Cusi									
# de mediciones : 100									
Máquina utilizada : Recubridora									
1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
4	5	8	6	0	7	9	7	8	8
1	2	2	2	1	1	1	1	1	1
8	3	0	0	7	4	3	6	8	5
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	5	3	6	6	4	4	5	9	9
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	9	6	5	5	6	6	6	7	4
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	6	4	5	7	4	3	8	7	1
1	1	1	1	2	2	1	1	2	1
8	8	8	4	2	0	5	7	0	8
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	7	5	5	8	5	5	6	8	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	4	5	1	7	7	5	8	5	4
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	9	8	6	6	8	9	5	5	6
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	9	6	9	5	3	3	7	4	4

OPERACIÓN # 10									
Cortar respunte de cadeneta									
Base de Tiempo : Segundos									
Operaria : Mathilde Cusi									
# de mediciones : 100									
Máquina utilizada : Ninguna									
06	05	09	08	08	08	10	06	07	08
11	08	07	09	12	09	09	06	07	09
08	07	9	7	8	9	6	6	8	8
11	8	8	8	6	10	9	9	8	9
10	10	7	7	7	8	9	8	10	9
9	8	6	8	9	6	9	9	10	9
11	7	10	7	9	4	8	13	9	7
8	10	7	8	7	6	9	4	8	3
10	9	7	7	5	6	7	10	7	6
9	8	8	12	8	6	9	8	8	7

OPERACIÓN N # 11										
Marcar centro de cuello										
Base de Tiempo : Segundos										
Operaria : Mathilde Cusi										
# de mediciones : 100										
Máquina utilizada : Ninguna										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
7	6	8	8	8	9	6	8	1	0	
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
8	8	8	1	8	8	8	9	6	8	
9	1	7	8	1	8	8	9	1	5	
	0			1				1		
8	9	1	9	9	1	9	1	1	7	
		2			0		1	1		
1	7	8	8	6	8	7	9	8	8	
0										
1	1	1	6	7	9	9	7	1	9	
1	0	0						1		
1	6	9	8	8	5	7	7	1	1	
0								0	1	
6	8	7	6	6	8	7	8	9	9	
9	7	9	9	9	8	7	9	7	1	
									0	
7	8	7	7	1	1	1	7	8	8	
				0	0	0				

OPERACIÓN # 12									
Pegar cuello box con cinta									
Base de Tiempo : Segundos									
Operaria : Mathilde Cusi									
# de mediciones : 100									
Máquina utilizada : Costura Recta									
111	106	120	98	114	110	122	109	115	132
133	104	107	89	134	55	59	57	65	61
63	57	80	83	89	61	110	132	120	129
74	118	116	64	81	81	95	97	64	65
118	67	78	113	112	126	77	56	93	73
113	68	133	111	126	81	91	57	119	80
56	111	65	77	75	67	70	116	123	79
72	127	75	78	86	94	96	95	116	90
70	107	87	85	90	120	134	56	82	94
77	128	85	82	92	84	77	115	64	133

OPERACIÓN # 13									
Recortar cinta de cuello + Marcar para pegado de etiqueta									
Base de Tiempo : Segundos									
Operaria : Eliana Casso									
# de mediciones : 100									
Máquina utilizada : Ninguna									
3	3	4	4	4	4	4	3	3	3
3	8	6	2	6	3	1	7	7	4
3	3	4	3	4	4	4	3	3	3
8	9	2	7	0	8	1	6	9	4
4	4	3	3	3	3	4	4	4	4
0	2	2	8	7	8	5	3	5	0
3	4	3	4	3	4	4	4	3	3
8	3	7	2	9	1	5	0	4	8
4	4	4	4	4	4	4	4	4	3
4	4	3	4	2	9	1	1	3	5
4	4	3	3	4	3	3	3	3	4
2	1	8	6	5	8	8	6	9	4
3	3	3	3	3	3	3	4	4	4
3	7	4	8	8	9	8	5	0	2
3	3	4	4	3	4	3	4	4	3
5	5	1	3	7	3	8	9	2	8
4	3	4	4	4	3	3	4	3	4
3	7	6	1	0	3	6	1	8	4
4	4	3	4	4	4	4	3	4	3
2	3	7	4	1	3	0	3	3	7

OPERACIÓN # 14									
Asentar cinta cuello box con 2 etiquetas									
Base de Tiempo : Segundos									
Operaria : Eliana Casso									
# de mediciones : 100									
Máquina utilizada : Costura Recta									
115	110	153	134	92	147	112	106	112	108
109	119	136	121	146	139	108	107	116	111
121	118	144	108	108	124	81	104	111	101
122	88	114	120	94	130	75	112	108	125
128	151	96	108	117	128	138	120	106	113
111	139	113	111	130	135	127	122	127	121
123	118	125	124	135	155	124	112	127	107
145	131	122	130	96	105	104	105	107	119
104	118	123	100	117	142	108	123	148	106
127	126	113	115	149	108	134	110	93	122

OPERACIÓN # 15										
Preparar + Asentar + Pespuntar pechera SET ON										
Base de Tiempo : Segundos										
Operaria : Alejandrina Vilca										
# de mediciones : 100										
Máquina utilizada : Costura Recta										
1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1
7	9	9	8	0	7	8	1	9	9	9
6	4	5	7	0	6	4	0	6	8	8
1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2
8	0	2	2	2	6	7	3	3	5	5
8	1	4	9	4	2	7	7	9	1	1
2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	2
8	1	0	8	3	9	3	0	4	1	1
6	5	8	4	1	8	1	5	7	5	5
1	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1
9	0	1	8	9	2	4	9	4	9	9
5	9	2	0	1	0	1	0	4	3	3
2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2
2	1	4	1	9	0	3	6	7	6	6
4	2	4	9	2	5	2	6	4	9	9
2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	1
1	4	6	5	1	2	9	1	1	8	8
7	0	5	2	1	4	0	4	7	4	4
1	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2
3	4	8	8	0	1	1	6	0	0	0
0	2	8	2	4	5	7	3	1	3	3
2	1	2	1	1	2	2	1	2	2	2
1	9	0	9	9	5	4	7	0	4	4
2	8	2	6	1	1	4	6	5	1	1

OPERACIÓN # 16										
Preparar + Asentar + Pespuntar pechera SET ON										
Base de Tiempo : Segundos										
Operaria : Guadalupe Lia										
# de mediciones : 100										
Máquina utilizada : Costura Recta										
258	155	202	160	198	220	217	180	180	249	249
234	234	175	225	169	257	203	185	205	155	155
186	241	213	159	174	255	214	207	174	158	158
194	220	236	221	194	241	184	220	200	168	168
188	218	217	166	203	188	244	232	205	250	250
237	217	185	187	189	224	168	228	198	199	199
250	224	253	189	207	215	215	193	214	245	245
244	239	160	175	196	244	228	195	189	192	192
241	250	250	162	229	195	213	156	221	224	224
240	161	192	222	169	196	220	235	209	173	173

2	1	2	2	2	2	2	1	2	1
4	7	2	1	2	6	0	4	1	6
9	1	4	4	1	6	7	8	4	9
1	1	2	2	2	1	2	2	2	2
6	8	3	4	3	7	0	2	0	3
3	6	3	6	9	7	6	6	5	4

OPERACIÓN # 17										
Atracar pechera listado interior + Recortar										
Base de Tiempo : Segundos										
Operaria : Blanca Suppo										
# de mediciones : 100										
Máquina utilizada : Costura Recta										
4	4	4	4	5	5	6	4	7	5	
2	1	1	5	5	1	0	7	9	8	
5	4	4	6	5	6	4	5	4	4	
0	9	1	9	2	5	2	1	2	2	
5	4	3	5	3	6	6	6	4	4	
3	2	5	8	9	0	0	5	3	2	

OPERACIÓN # 18										
Atracar pechera rectangular SET ON										
Base de Tiempo : Segundos										
Operaria : Blanca Suppo										
# de mediciones : 100										
Máquina utilizada : Costura Recta										
105	122	100	135	132	101	135	144	115	96	
161	116	182	139	127	112	92	141	108	89	
90	97	92	144	134	98	143	122	122	124	
153	123	142	108	72	124	135	174	160	97	
150	161	121	135	115	143	110	123	111	163	
116	135	119	124	93	90	106	111	65	167	
103	119	120	61	179	123	146	150	127	109	

5	5	4	3	6	3	5	3	3	6
0	1	1	2	6	7	9	9	7	2
5	4	5	4	4	5	4	6	3	4
3	9	2	4	4	6	6	2	9	7
6	3	5	6	4	5	4	3	4	5
3	4	9	0	9	1	3	4	5	8
4	5	4	5	4	3	4	5	4	4
5	3	8	1	9	6	0	5	2	4
5	4	6	3	2	3	5	4	3	6
6	9	2	5	6	9	8	9	4	4
4	4	4	7	6	4	4	4	5	5
2	6	7	0	1	4	8	3	3	6
4	7	5	6	3	6	6	5	6	5
8	4	0	7	1	2	1	1	4	2

79	110	135	107	110	144	111	113	97	141
121	89	45	128	116	113	132	86	92	117
104	134	125	152	118	137	91	118	84	85

OPERACIÓN # 19									
Preparar y marcar para recubre									
Base de Tiempo : Segundos									
Operaria : Dinna Canazas									
# de mediciones : 100									
Máquina utilizada : Ninguna									
4	6	7	4	7	5	6	5	4	6
7	0	3	6	0	6	4	2	9	3
4	5	5	5	4	6	6	6	5	6
9	7	4	2	7	5	7	9	6	6

OPERACIÓN # 20									
Recubrir basta faldon listado fino long tail									
Base de Tiempo : Segundos									
Operaria : Dinna Canazas									
# de mediciones : 100									
Máquina utilizada : Recubridora									
97	84	80	101	97	61	113	96	80	65
79	60	84	71	60	59	93	100	50	79
81	108	60	74	65	82	83	71	52	106
104	50	71	59	113	64	50	68	113	99
93	105	110	60	83	89	92	92	84	113
111	97	109	91	76	77	82	112	105	99

6	6	4	5	5	4	4	5	7	5
9	6	0	4	1	8	2	0	3	2
7	5	7	5	6	4	7	5	6	6
3	7	3	4	4	8	0	8	7	4
5	6	5	5	7	5	6	5	7	6
8	9	6	5	2	4	7	5	1	0
6	7	7	5	6	5	5	6	4	4
6	0	1	8	0	9	2	1	5	9
6	4	6	4	5	6	6	6	7	7
2	3	2	5	4	9	5	1	1	3
6	6	4	6	4	4	4	5	4	4
4	9	7	6	0	4	6	8	7	3
6	5	5	7	7	6	4	5	6	7
1	7	6	3	3	2	0	8	5	3
5	5	6	4	6	6	4	4	7	4
9	5	8	0	9	5	9	3	0	2

74	91	109	82	108	67	57	87	74	55
107	78	65	108	54	94	68	51	111	54
102	89	88	72	113	51	99	64	79	91
92	85	92	100	65	61	77	59	58	98

OPERACIÓN # 21									
Recortar basta faldón									
Base de Tiempo : Segundos									
Operaria : Dinna Canazas									
# de mediciones : 100									
Máquina utilizada : Ninguna									
2	1	2	2	2	2	1	2	1	1
1	7	0	3	0	2	7	0	6	7
2	1	2	1	2	1	2	1	1	1
0	7	4	5	2	9	3	6	7	5

OPERACIÓN # 22									
Preparación para el pegado de mangas									
Base de Tiempo : Segundos									
Operaria : Vannesa Ramos									
# de mediciones : 100									
Máquina utilizada : Ninguna									
25	22	28	26	27	15	20	09	23	32
29	18	24	31	17	25	22	43	29	23
22	16	26	33	33	36	9	23	32	17
20	13	12	18	19	10	20	22	25	22
22	22	34	24	23	21	38	30	41	20
36	13	28	31	38	24	21	29	22	30
14	19	14	22	24	25	22	40	12	19

1	1	2	1	1	2	2	1	2	1
6	5	4	7	9	3	3	7	1	9
1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
6	5	7	6	9	9	6	6	2	1
1	2	1	2	1	1	1	2	2	1
5	3	6	0	7	7	8	1	0	6
2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
0	4	6	8	9	5	5	9	7	8
2	2	1	1	1	2	2	1	1	2
2	1	6	7	5	3	1	5	5	1
2	1	1	2	2	1	2	2	2	1
3	8	5	0	4	8	2	1	2	7
1	1	1	2	2	1	1	1	1	2
5	5	6	0	4	8	6	7	7	4
2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
1	4	9	7	8	9	6	9	5	5

6	34	15	20	30	28	30	29	15	17
29	27	18	23	25	28	25	18	38	28
25	30	30	20	18	32	16	14	29	29

OPERACIÓN # 23									
Pegar manga corta listado fino									
Base de Tiempo : Segundos									
Operaria : Vannesa Ramos									
# de mediciones : 100									
Máquina utilizada : Remalladora									
1	1	1	8	9	1	1	8	9	1
0	1	0	6	5	0	1	0	8	0
7	8	5			6	3			0
1	1	1	1	1	8	8	9	9	9
0	1	0	0	0	3	0	8	4	6
0	1	7	2	1					

OPERACIÓN # 24									
Recubrir sisa manga corta									
Base de Tiempo : Segundos									
Operaria : Vannesa Ramos									
# de mediciones : 100									
Máquina utilizada : Recubridora									
60	51	59	59	62	56	55	49	57	49
48	52	52	49	54	50	52	52	48	54
58	55	54	55	49	62	60	54	49	56
56	56	51	57	48	57	55	51	62	59
48	49	59	50	50	59	54	53	56	48

8	1	9	9	9	1	9	9	1	1
6	1	9	9	9	0	0	8	0	0
	1				7			5	7
1	9	9	8	1	1	8	8	9	1
0	6	7	7	0	0	9	6	7	0
0				9	3				0
1	1	8	9	9	9	1	9	9	1
1	0	5	4	4	4	0	5	4	0
0	0					4			6
8	9	9	9	1	1	1	1	1	8
7	5	8	2	1	0	1	2	0	8
				7	7	5	9	3	
1	1	1	1	9	1	1	1	8	9
0	0	0	0	8	1	0	0	9	5
7	9	3	8		0	0	5		
9	9	9	9	9	1	1	1	9	9
7	9	0	2	9	0	0	0	1	8
					4	3	0		
9	1	8	9	9	9	8	8	8	9
3	0	4	8	3	6	3	8	4	3
	4								
9	9	1	9	8	1	9	9	1	9
7	5	1	4	5	0	9	9	0	4
		9			2			4	

52	61	54	51	51	59	52	53	50	49
54	49	53	54	50	51	54	62	54	50
61	50	55	48	58	59	58	62	62	53
57	54	58	60	61	61	51	59	58	58
56	50	55	54	57	57	54	48	57	57

OPERACIÓN # 25										
Cerrar costados manga corta listado fino long tail										
Base de Tiempo : Segundos										
Operaria : Ruth Bravo										
# de mediciones : 100										
Máquina utilizada : Remalladora										
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	4	5	4	2	5	4	6	4	4	4
8	1	4	5	3	6	3	5	8	3	3
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
4	3	4	4	1	6	7	4	5	4	4
8	6	7	4	1	4	0	8	9	6	6
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	5	2	4	2	4	4	5	2	4	4
1	4	3	8	0	9	8	5	0	0	0
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
5	7	4	1	4	2	4	5	4	2	2
4	1	7	6	3	9	3	3	9	7	7
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	6	3	3	4	2	5	3	5	5	5
1	8	9	7	7	7	4	2	7	5	5
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
5	5	2	5	4	4	7	3	1	2	2
9	1	1	8	8	3	4	1	7	8	8
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
6	3	2	5	4	4	5	3	4	4	4
2	7	9	0	2	5	8	6	8	2	2
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	2	4	4	3	3	4	6	6	4	4
4	4	8	8	7	4	0	8	6	2	2

OPERACIÓN # 26										
Fijar costados + Piquetear costado										
Base de Tiempo : Segundos										
Operaria : Carolina Tintaya										
# de mediciones : 100										
Máquina utilizada : Costura Recta										
10	11	11	19	10	15	14	15	13	12	12
16	10	11	11	13	11	12	09	15	12	12
18	18	12	12	17	13	12	13	10	7	7
15	10	13	19	10	11	14	19	13	9	9
12	15	13	16	14	14	11	16	15	16	16
15	12	15	13	17	14	15	15	15	14	14
10	9	11	15	7	12	15	9	13	14	14
13	17	11	14	16	9	10	9	13	13	13
11	12	16	14	15	16	16	8	13	18	18
17	12	14	15	14	19	11	12	14	17	17

2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
5	3	2	4	5	3	3	6	6	6	4
6	4	9	1	1	8	7	0	9	0	
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
4	3	5	5	4	4	5	5	7	6	
0	9	2	6	9	0	8	7	3	0	

OPERACIÓN # 27										
Formar pinza										
Base de Tiempo : Segundos										
Operaria : Carolina Tintaya										
# de mediciones : 100										
Máquina utilizada : Costura Recta										
3	3	2	3	4	2	3	3	3	2	
6	1	7	8	1	9	2	9	0	8	

OPERACIÓN # 28										
Cortar bordes y sobrantes										
Base de Tiempo : Segundos										
Operaria : Carolina Tintaya										
# de mediciones : 100										
Máquina utilizada : Ninguna										
16	14	14	10	14	14	14	16	14	14	
12	18	12	14	14	16	12	10	12	14	
20	12	16	14	10	12	10	18	10	10	
11	14	13	14	10	11	16	10	16	16	

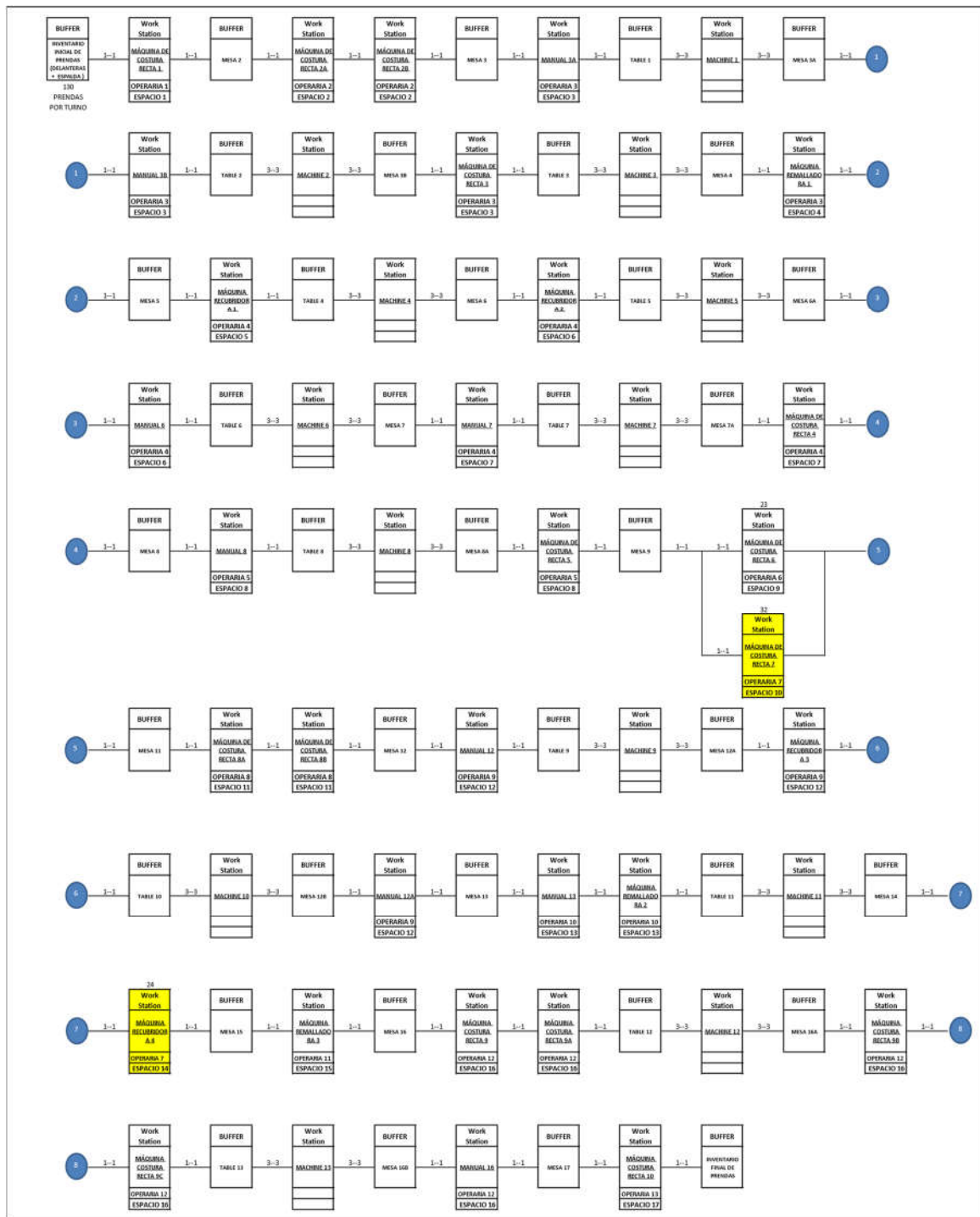
3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3
3	6	4	8	6	2	0	9	2	1	
3	3	4	3	3	4	3	3	3	2	
5	6	2	1	1	1	6	6	1	8	
2	3	3	3	4	4	3	3	3	3	
5	9	4	0	2	4	5	0	7	8	
4	3	3	4	2	3	2	3	2	3	
0	9	0	1	9	0	9	2	8	3	
3	3	2	2	3	2	4	3	4	2	
2	3	4	8	8	7	2	5	5	9	
3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	
3	7	6	4	4	7	2	2	4	2	
3	3	2	4	3	3	2	2	3	2	
4	1	7	0	1	4	8	9	9	9	
2	3	3	4	3	3	4	3	3	3	
0	3	3	1	1	3	1	4	2	1	
3	3	2	3	2	3	2	3	3	3	
2	4	8	5	2	7	6	4	3	0	

12	14	12	15	11	15	14	14	12	8
12	14	16	14	13	18	15	14	15	10
11	16	14	13	10	15	10	15	16	14
13	16	12	8	12	16	17	11	9	10
14	14	11	10	17	13	11	13	15	15
13	11	20	12	15	8	19	15	16	16

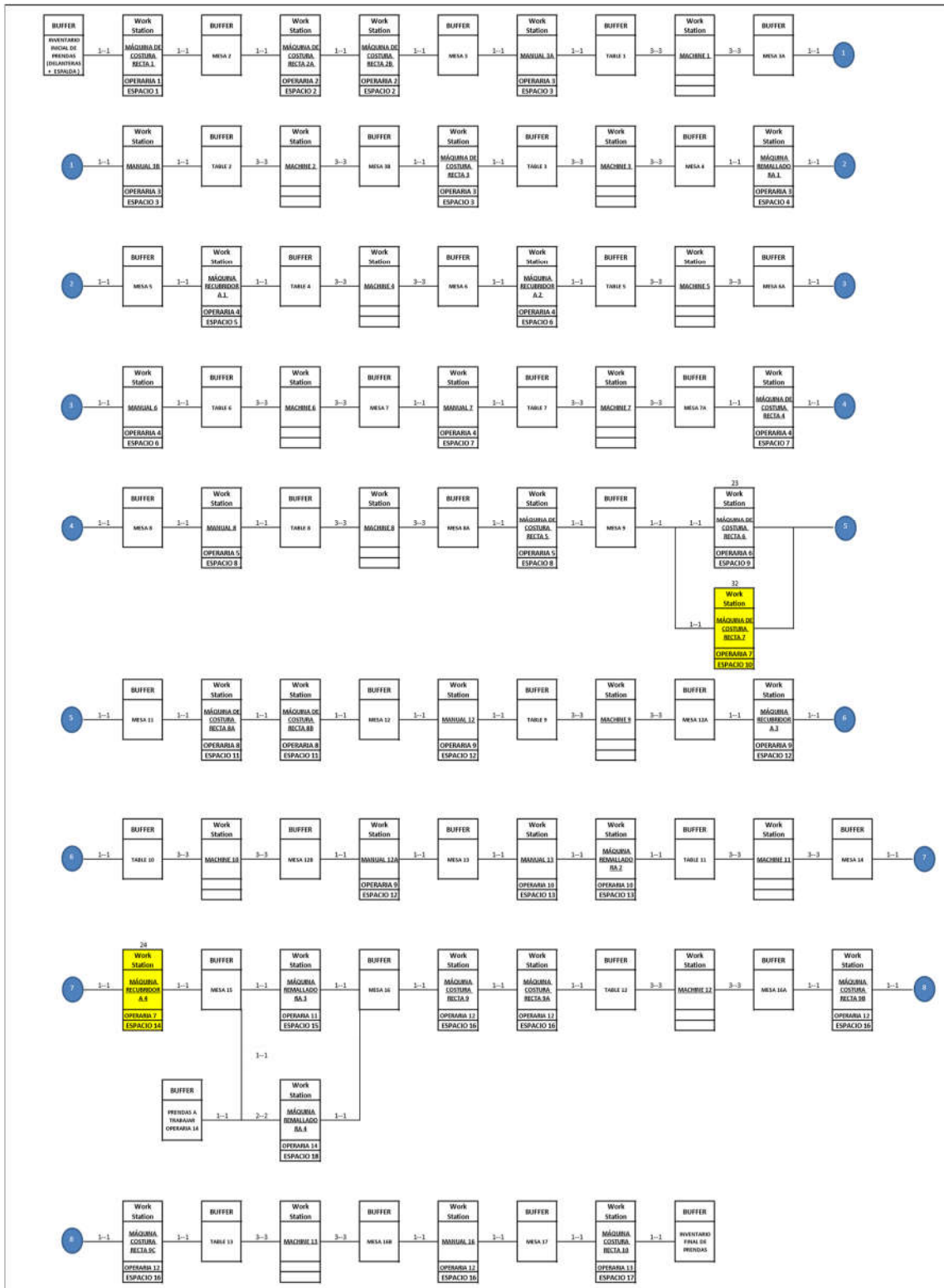
PROCESO # 29 (segundos)									
Atracar aberturas preparadas									
Base de Tiempo : Segundos									
Operaria : Gladys Quispe									
# de mediciones : 100									
Máquina utilizada : Costura Recta									
1	1	1	1	1	136	138	150	138	136
3	3	5	3	3					
3	9	0	2	9					
1	1	1	1	1	154	151	145	180	144
6	4	6	4	5					
5	7	0	1	9					

1 5 4	1 3 6	1 5 9	1 3 1	1 6	143	136	144	148	149
1 4 1	1 4 7	1 4 3	1 4 8	1 5 8	159	127	148	147	133
1 5 1	1 2 8	1 4 6	1 3 1	1 4 0	128	158	148	153	156
1 3 9	1 5 8	1 2 5	1 3 8	1 2 6	157	136	141	135	157
1 8 0	1 3 8	1 6 1	1 5 5	1 5 2	159	144	150	144	140
1 3 9	1 3 7	1 5 7	1 3 8	1 4 8	149	141	149	136	146
1 5 6	1 2 1	1 2 6	1 6 3	1 5 1	147	132	116	156	154
1 5 0	1 5 0	1 5 2	1 7 2	1 3 5	169	152	138	132	165

ANEXO 4 : MODELO PROGRAMADO EN SOFTWARE SIMQUICK - PROCESO DE ENSAMBLE DE POLO CUELLO CAMISA DE COLOR LISTADO



ANEXO 5 : MODELO PROGRAMADO - PROCESO DE ENSAMBLE DE POLO CUELLO CAMISA COLOR LISTADO - ESCENARIO 1



ANEXO 6

GUÍA DE ENTREVISTA

I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

Planificación y programación de la producción en microempresas dedicadas al ensamble de prendas de vestir en la ciudad de Arequipa.

II. OBJETIVOS

.2.1 Identificar la manera como se planifica y programa la producción de un pedido

.2.2 Identificar el valor percibido

.2.3 Identificar problemas o inconvenientes de la forma actual de planificación y programación de la producción

III. MUESTRA

Dueños o supervisores actuales de microempresas dedicadas al ensamble de prendas

IV. LUGAR Y FECHA

Oficinas administrativas de cada microempresa.

V. TEMAS EN SECUENCIA

- ¿Cómo se planifica y programa la producción de un pedido?
- ¿Qué herramientas o cálculos se utilizan para la planificación y programación de un pedido?
- ¿Cómo califica o evalúa la manera actual como se planifica y programa la producción?
- ¿Qué inconvenientes le encuentra a la manera actual de planificación y programación de la producción?
- ¿Qué factores usted creería que afectan de forma negativa la planificación y programación de la producción?

INVESTIGACIÓN CUALITATIVA

Entrevista Semiestructurada

Microempresas Dedicadas al Ensamble de Prendas de Vestir

Segmento: Dueños

Mayo de 2017

FICHA TÉCNICA

I. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Investigación de tipo exploratoria.

II. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Investigación desarrollada bajo la metodología cualitativa.

III. TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN

Entrevista semiestructurada

IV. COMPOSICIÓN DE LA MUESTRA

Nueve personas dueños de microempresas dedicadas al ensamble de prendas de polos mediante un muestreo no probabilístico del tipo intencional se han elegido a las microempresas participantes.

V. DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN

Luis Alfredo Aragón Guía

ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

I. IDENTIFICAR LA MANERA COMO SE PLANIFICA Y PROGRAMA LA PRODUCCIÓN DE UN PEDIDO

- Los 9 entrevistados afirman que realizan la planificación y programación de su producción basados en la experiencia propia o del supervisor de línea debido a que el tipo de producto que mayoritariamente ensamblan son polos en sus diversas variantes como pueden ser polos cuello camisa, polos con cuello tipo V o cuello redondo entre otros. Debido a que los tipos de prendas a ensamblar se repiten constantemente los dueños planifican la cantidad de prendas a confeccionar por turno basados en experiencias anteriores y conocimientos empíricos.
- Otra forma de planificación y programación utilizada por la gran mayoría de entrevistados es utilizando una fórmula matemática, la cual permite establecer la cantidad de prendas por turno de trabajo que teóricamente

la línea debe entregar .Esta fórmula toma en cuenta variables como el número de operarios disponibles, tiempo disponible por operario (min), tiempo estándar de confección por prenda (min) y la eficacia con que trabaja la línea de producción.

II. IDENTIFICAR EL VALOR PERCIBIDO

- La mayoría de los entrevistados no se encuentra satisfecho con la manera y herramientas utilizadas actualmente para realizar la planificación y programación de su producción debido a :
 - ☐ Inseguridad que genera planificar un pedido en base a la experiencia propia
 - ☐ Incertidumbre sobre la información obtenida con los métodos actualmente utilizados.
 - ☐ Dependencia sobre la tarea de planificación y programación basada en la experiencia del dueño y supervisor de línea.

- Los métodos actualmente utilizados no permiten contemplar diversos cambios que afectan directamente el desempeño productivo como el ingreso o salida de personal y modificaciones en la distribución de tareas por operario.

III. IDENTIFICAR PROBLEMAS O INCONVENIENTES DE LA FORMA ACTUAL DE PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

- Para la mayoría de entrevistados los principales problemas o inconvenientes en la forma actual de planificación y programación serian :

- Pagos recurrentes por penalidades debido al incumplimiento en la fecha de entrega del pedido.

- Utilización y pago de horas extras para poder cumplir con la fecha de entrega o para tener el menor retraso posible.

- Mala imagen hacia a los clientes

- Desorden en la línea de producción

- Cambios imprevistos en la distribución del personal y tareas asignadas.